

# Tecnología, Ciencia y Educación

Revista cuatrimestral núm. 28 | Mayo-Agosto 2024

ISSN-e: 2444-2887



## ChatGPT como herramienta de apoyo al aprendizaje en la educación superior: una experiencia docente

Mercedes Segarra Ciprés, Reyes Grangel Seguer y Óscar Belmonte Fernández

## ChatGPT y GPT-4: utilidades en el sector jurídico, funcionamiento, limitaciones y riesgos de los modelos fundacionales

Francisco Julio Dosal Gómez y Judith Nieto Galende

## La tutoría virtual en la formación de profesionales de la educación durante la pandemia

Gladis Ivette Chan Chi, Juanita Rodríguez Pech y Marisa Zaldivar Acosta

## «Con la Lengua Fuera». Proyecto de innovación digital para el aula virtual de Lengua Española

Carolina Arrieta Castillo y Alicia Onieva Lupiáñez

# CEF.- Oposiciones

Desde 1977 formamos a funcionarios que ocupan los cargos de mayor responsabilidad en España.  
Descubre el **#MétodoCEF.-**

¿Te reservamos una plaza?

Preparadores especializados y temarios propios

- Administración General
- Administración Local
- Banco de España
- Comunidades Autónomas
- Cuerpos de Informática
- Empleo y Seguridad Social
- Ministerio de Hacienda
- Ministerio de Justicia
- Ministerio del Interior
- Unión Europea

Más de **30.000 opositores**  
**aprobados** gracias al  
**método CEF.-**

# Tecnología, Ciencia y Educación

Núm. 28 | Mayo-Agosto 2024

## Directora editorial

María Aránzazu de las Heras García. Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA (España)

## Consejo de redacción

### Directora de la revista y editora jefe

Almudena Sánchez Sánchez. Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA (España)

### Subdirectora y editora de sección

María Luna Chao. Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA (España)

### Editores/as de sección

Raquel María Guevara Ingelmo. Universidad Pontificia de Salamanca (España)

José Hernández Ortega. Universidad Complutense de Madrid (España)

## Consejo asesor

Maria Amata Garito. International Telematic University (Italia)

Ana Amélia Amorim Carvalho. Universidad de Coímbra (Portugal)

Kumiko Aoki. Open University of Japan (Japón)

Antonio Bautista García-Vera. Universidad Complutense de Madrid (España)

Julio Cabero-Almenara. Universidad de Sevilla (España)

Rodica Crudu. Jean Monnet Profesor. Fulbright Fellow. Academia de Estudios Económicos de Moldavia

Jesús García Laborda. Universidad de Alcalá de Henares (España)

David Guralnick. Universidad de Columbia de Nueva York (EE. UU.)

Alfonso Gutiérrez Martín. Universidad de Valladolid (España)

David Lizcano Casas. Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA (España)

Verónica Marín Díaz. Universidad de Córdoba (España)

José Eugenio Martínez Falero. Universidad Politécnica de Madrid (España)

Gorka Jagoba Palacio Arko. Universidad del País Vasco (España)

Joaquín Paredes Labra. Universidad Autónoma de Madrid (España)

Paz Prendes. Universidad de Murcia (España)

Robert W. Robertson. Universidad de Liubliana (Eslovenia)

Francisco Roca Rodríguez. Universidad de Jaén (España)

Rosabel Roig-Vila. Universidad de Tecnología Educativa de la Universidad de Alicante (España)

Alessandra Silveira. Centro de Estudios en Derecho de la Unión Europea (CEDU). Universidad del Miño (Portugal)

Javier Manuel Valle López. Universidad Autónoma de Madrid (España)

## Comité científico

- Raquel Alarcón Rodríguez. Universidad de Almería (España)
- Eva María Bailén Ferrández. Observatorio de Educación de la Universidad Rey Juan Carlos (España)
- Enrique Barra Arias. Universidad Politécnica de Madrid (España)
- Wolfram Behm. SRH FernHochschule Riedlingen (Alemania)
- Gloria Isabel Bosch Roig. Universidad de las Islas Baleares (España)
- Marisol de Brito Correia. Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación en Turismo. Universidad del Algarve (Portugal)
- Sarah Carrica-Ochoa. Universidad de Navarra (España)
- José María del Castillo-Olivares. Universidad de La Laguna (España)
- Paola Andrea Dellepiane. Universidad Católica Argentina
- María Virginia García Coll. Universidad Internacional de La Rioja (España)
- Isabel García-Parejo. Universidad Complutense de Madrid (España)
- María Luisa Gómez-Jiménez. Instituto de Investigación en Biotecnología. Instituto de Investigación de Smart Homes y Eficiencia Energética. Universidad de Málaga (España)
- Pedro José González Felipe. Universidad de Navarra (España)
- Rocío Jiménez-Cortés. Universidad de Sevilla (España)
- Remedios López-Liria. Universidad de Almería (España)
- Violeta Luque-Ribelles. Universidad de Cádiz (España)
- Eduarne Martínez Moreno. Universidad del País Vasco (España)
- Maritza Morales-Batista. Universidad Tecnológica de Panamá
- Marie-Noëlle Lázaro. Universidad de Almería (España)
- Carmen Ramírez Hurtado. Universidad de Granada (España)
- Carol Rivero Panaqué. Universidad Pontificia Católica del Perú
- Ileana Rotaru. Universidad West de Timișoara (Rumanía)
- Borja Ruiz-Gutiérrez. Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA (España)
- Catalina Rus-Casas. Universidad de Jaén (España)
- Pilar Sánchez-Gijón. Universidad Autónoma de Barcelona (España)
- Sandra Sanz Martos. Universitat Oberta de Catalunya (España)
- Cristina Suemay Manresa-Yee. Universidad de las Islas Baleares (España)
- Osbaldo Turpo-Gebera. Instituto de Investigación, Desarrollo e Innovación de las Ciencias de la Educación- INEDU de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (Perú)
- Nora Valeiras. Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)
- Jesús Alberto Valero-Matas. Universidad de Valladolid (España)
- Luis Velasco-Martínez. Universidad de Vigo (España)
- María Asunción Vicente Ripoll. Universidad Miguel Hernández (España)
- Margarita Vinagre. Universidad Autónoma de Madrid (España)
- Carmen Rocío Yot-Domínguez. Universidad de Sevilla (España)

## Coordinación y edición/Secretaría de dirección

María Magro Montero

Centro de Estudios Financieros

c/ Alfonso Gómez, 28, 28037 Madrid • Tel. 914 444 920 • [editorial@cef.es](mailto:editorial@cef.es)

## Indexación y calidad



# Tecnología, Ciencia y Educación

## Redacción y administración

P.º Gral. Martínez Campos, 5, 28010 Madrid (España)

Tel. 914 444 920

Correo electrónico: [info@cef.es](mailto:info@cef.es)

## Edita

Centro de Estudios Financieros, SL

Correo electrónico: [revistatce@udima.es](mailto:revistatce@udima.es)

Edición digital: <https://www.tecnologia-ciencia-educacion.com>

Depósito legal: M-15409-2015

ISSN-e: 2444-2887

ISSN: 2444-250X

(último número impreso: n.º 27, enero-abril 2024)

Entidad certificada por:



Esta editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional

© 2024 CENTRO DE ESTUDIOS FINANCIEROS



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional.

# Tecnología, Ciencia y Educación

ISSN-e: 2444-2887

## Sumario

### Estudios de investigación

- ChatGPT como herramienta de apoyo al aprendizaje en la educación superior: una experiencia docente 7-44  
*ChatGPT as a tool to support learning in higher education: a teaching experience*
- Accésit del Premio Estudios Financieros 2023**  
Mercedes Segarra Ciprés, Reyes Grangel Seguer y Óscar Belmonte Fernández
- ChatGPT y GPT-4: utilidades en el sector jurídico, funcionamiento, limitaciones y riesgos de los modelos fundacionales 45-88  
*ChatGPT and GPT-4: utilities in the legal sector, functioning, limitations and risks of foundational models*
- Accésit del Premio Estudios Financieros 2023**  
Francisco Julio Dosal Gómez y Judith Nieto Galende
- La tutoría virtual en la formación de profesionales de la educación durante la pandemia 89-114  
*Virtual tutoring in the education professionals training throughout pandemic*  
Gladis Ivette Chan Chi, Juanita Rodríguez Pech y Marisa Zaldívar Acosta
- El uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas: una revisión sistemática 115-140  
*The use of new technologies in mathematics education: a systematic review*  
Jefferson Monroy Andrade
- Ergonomía cognitiva, metaversos y economía: revisión documental 141-162  
*Cognitive ergonomics, metaverses and economics: a documentary review*  
Jesús Ernesto Rocha-Ibarra, Clara Azucena Rodríguez-Sánchez, María Guadalupe Guzmán-Álvarez, Karla Lizbeth Robles-Hernández y Yashiro Danahi Cisneros-Reyes
- Apropiación social de tecnologías libres: una experiencia de monitoreo ambiental participativo y educación ambiental 163-190  
*Social appropriation of free technologies: an experience of participatory environmental survey and environmental education*  
Kevin Poveda Ducón, Estefanía Piegari, Ignacio Boron y Luciano Iribarren

## Proyectos y aportaciones académicas

- «Con la Lengua Fuera». Proyecto de innovación digital para el aula virtual de Lengua Española 191-208
- «Con la Lengua Fuera». A digital innovation project for the virtual classroom of Spanish Language*
- Carolina Arrieta Castillo y Alicia Onieva Lupiáñez

## Reseña bibliográfica

- Laura Granizo González, Isabel Martínez Álvarez y M.<sup>a</sup> Luz M. Fernández Blázquez (Coords.). (2024). *Psicología del desarrollo para docentes de Infantil y Primaria*. Centro de Estudios Financieros, 400 pp. 209-212
- María Sánchez Calvo

## Legislación educativa

- Principales reseñas de legislación educativa publicadas en el BOE entre enero y abril de 2024 213-214

*Las opiniones vertidas por los autores son responsabilidad única y exclusiva de los mismos. CENTRO DE ESTUDIOS FINANCIEROS, sin necesariamente identificarse con las mismas, no altera dichas opiniones y responde únicamente a la garantía de calidad exigible en artículos científicos.*



# ChatGPT como herramienta de apoyo al aprendizaje en la educación superior: una experiencia docente

**Mercedes Segarra Ciprés** (autora de contacto)

*Profesora titular de universidad del Departamento de Administración de Empresas y Marketing de la Universitat Jaume I de Castellón de la Plana (España)*  
msegarra@uji.es | <https://orcid.org/0000-0003-1359-2159>

**Reyes Grangel Seguer**

*Profesora titular de universidad del Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universitat Jaume I de Castellón de la Plana (España)*  
grangel@uji.es | <https://orcid.org/0000-0002-4049-3888>

**Óscar Belmonte Fernández**

*Profesor titular de universidad del Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universitat Jaume I de Castellón de la Plana (España)*  
oscar.belmonte@uji.es | <https://orcid.org/0000-0002-0121-0697>

Este trabajo ha obtenido un **Accésit del Premio Estudios Financieros 2023** en la modalidad de **Educación y Nuevas Tecnologías**. El jurado ha estado compuesto por: D. Alfonso Gutiérrez Martín, D.<sup>a</sup> Verónica Marín Díaz, D. Joaquín Paredes Labra, D. Francisco Roca Rodríguez y D. Javier Manuel Valle López. Los trabajos se presentan con seudónimo y la selección se efectúa garantizando el anonimato de los autores.

## Extracto

El acceso a ChatGPT supone un avance en el desarrollo de tareas diversas y complejas, pero su potencial no está exento de amenazas para distintos ámbitos, entre ellos el educativo. Con este estudio presentamos una experiencia docente de integración de ChatGPT en asignaturas del grado de Ingeniería Informática con el objetivo de mostrar su utilización eficaz y ética como recurso formativo por parte de docentes y estudiantes (hombres y mujeres) y su grado de aceptación por parte del estudiantado y del profesorado. Los resultados muestran que la mayoría de los estudiantes (92,50 %) considera que ChatGPT es una herramienta de utilidad y fácil de usar para el desempeño académico. En cambio, el profesorado sostiene este argumento en menor proporción (80 %). Además, el estudiantado señala como desventajas la dificultad de comprobar la veracidad del resultado y que este es muy genérico si no se afina con las preguntas. La mayoría del alumnado afirma tener bastante experiencia en el uso de ChatGPT para la búsqueda de información y, si bien no lo considera apto para generar trabajos completos, le resulta beneficioso para su proceso de aprendizaje cuando se utiliza de forma complementaria y equilibrada.

**Palabras clave:** ChatGPT; experiencia docente; educación superior; modelo de aceptación tecnológica (*technology acceptance model* [TAM]); falta de fiabilidad; eficacia; utilización ética.

Recibido: 03-05-2023 | Aceptado: 08-09-2023 | Publicado (en avance *online*): 15-02-2024

**Cómo citar:** Segarra Ciprés, M., Grangel Seguer, R. y Belmonte Fernández, Ó. (2024). ChatGPT como herramienta de apoyo al aprendizaje en la educación superior: una experiencia docente. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 7-44. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.19083>

# ChatGPT as a tool to support learning in higher education: a teaching experience

**Mercedes Segarra Ciprés** (corresponding author)

*Profesora titular de universidad del Departamento de Administración de Empresas y Marketing de la Universitat Jaume I de Castellón de la Plana (España)*  
[msegarra@uji.es](mailto:msegarra@uji.es) | <https://orcid.org/0000-0003-1359-2159>

**Reyes Grangel Seguer**

*Profesora titular de universidad del Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universitat Jaume I de Castellón de la Plana (España)*  
[grangel@uji.es](mailto:grangel@uji.es) | <https://orcid.org/0000-0002-4049-3888>

**Óscar Belmonte Fernández**

*Profesor titular de universidad del Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universitat Jaume I de Castellón de la Plana (España)*  
[oscar.belmonte@uji.es](mailto:oscar.belmonte@uji.es) | <https://orcid.org/0000-0002-0121-0697>

This paper has won a **Runner up Prize in the Financial Studies 2023 Award** in the category of **Education and New Technologies**. The jury members were: Mr. Alfonso Gutiérrez Martín, Mrs. Verónica Marín Díaz, Mr. Joaquín Paredes Labra, Mr. Francisco Roca Rodríguez and Mr. Javier Manuel Valle López. The entries are submitted under a pseudonym and the selection process guarantees the anonymity of the authors.

## Abstract

Access to ChatGPT represents an advance in the development of different and complex tasks, but its potential is not free of risks for different fields, including education. With this study we present a teaching experience of ChatGPT integration in the degree in Computer Engineering with the aim of showing its effective and ethical use as a teaching resource for teachers and students (men and women). Specifically, we analyze the use and the degree of acceptance of this technology by students and teachers. The results show that the majority of students (92.50 %) consider ChatGPT to be a useful and easy-to-use tool for academic performance, while the teaching staff (80 %) support this argument to a lesser extent. In addition, the students point out as disadvantages the difficulty of checking the veracity of the result and that it is very generic if the questions are not fine-tuned. The majority of students claim to be quite experienced in using ChatGPT to search for information and, although they do not consider it suitable for generating complete works, they find it beneficial for their learning process if it is used in a complementary and balanced way.

**Keywords:** ChatGPT; teaching experience; higher education; technology acceptance model (TAM); unreliability; efficacy; ethical use.

Received: 03-05-2023 | Accepted: 08-09-2023 | Published (online preview): 15-02-2024

**Citation:** Segarra Ciprés, M., Grangel Seguer, R. and Belmonte Fernández, Ó. (2024). ChatGPT as a tool to support learning in higher education: a teaching experience. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 7-44. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.19083>



## Sumario

1. Introducción
  2. Marco conceptual
    - 2.1. Inteligencia artificial: definición y evolución de modelos
    - 2.2. ChatGPT
      - 2.2.1. Definición y funcionamiento de ChatGPT
      - 2.2.2. Ventajas y limitaciones de ChatGPT
    - 2.3. Cómo usar ChatGPT para que sea efectivo en la enseñanza
      - 2.3.1. Ventajas e inconvenientes de la utilización de ChatGPT para estudiantes y docentes
      - 2.3.2. Modelo TAM de ChatGPT en el ámbito educativo
  3. Una experiencia docente con ChatGPT: diseño y aplicación en la docencia universitaria
    - 3.1. Contexto de la experiencia docente
    - 3.2. Diseño de la experiencia docente con ChatGPT
    - 3.3. Evaluación de la experiencia
  4. Análisis de la aceptación de ChatGPT
    - 4.1. Metodología
    - 4.2. Resultados
  5. Conclusiones y lecciones aprendidas
- Referencias bibliográficas

**Nota:** los autores del artículo declaran que todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de este estudio de investigación se han realizado de conformidad con las leyes y directrices institucionales pertinentes. Asimismo, los autores del artículo han obtenido el consentimiento informado (libre y voluntario) por parte de todas las personas intervinientes en este estudio de investigación. Por otra parte, la revista *Tecnología, Ciencia y Educación* aclara que es norma habitual de la publicación destacar en letra cursiva todos los extranjerismos que aparecen en sus páginas, pero, en el caso de las figuras 2, 3 y 5 de este artículo, se hará una excepción, respetando la fuente redonda original.

## 1. Introducción

En la actualidad, la inteligencia artificial se está convirtiendo en una tecnología poderosa para afrontar los grandes desafíos de nuestra sociedad y para generar nuevos retos. En el ámbito de la educación, su impacto puede abordarse desde una doble perspectiva. Por una parte, resulta esencial examinar cómo se está utilizando la inteligencia artificial en la educación actualmente, mientras que, por otra parte, es crucial fomentar el aprendizaje de la inteligencia artificial desde los niveles más básicos. La capacidad de comprensión y el manejo de la inteligencia artificial, también conocida como «alfabetización en inteligencia artificial» (Ng *et al.*, 2022; Salas-Pilco y Yang, 2022), se ha vuelto una habilidad fundamental en nuestra sociedad. La presencia cada vez mayor de dispositivos que utilizan inteligencia artificial, así como la creciente demanda de empleos relacionados con esta tecnología, hacen imprescindible el aprendizaje de su uso de forma eficaz y ética (Eaton *et al.*, 2021). Es importante que tanto los estudiantes como el público en general adquieran conocimientos básicos sobre el funcionamiento de la inteligencia artificial, los riesgos potenciales que implica y cómo utilizarla de manera responsable.

El desarrollo de la inteligencia artificial en la educación se enfoca en la creación de sistemas de enseñanza personalizados y adaptativos, basados en perfiles, respuestas e interacciones de los estudiantes. Liulishuo (China), M-Shule (Kenia), Daptio (Sudáfrica), Bettermarks (Uruguay), Geekie (Brasil), EMAT (Chile) y Aprendizaje Personalizado Complementario Interconectado (APCI [Ecuador]) son ejemplos de plataformas de enseñanza adaptativa (García Villarroel, 2021). A diferencia de otras herramientas de inteligencia artificial, el lanzamiento público de ChatGPT está suponiendo un cambio sustancial en muchos ámbitos de la sociedad, también en la educación. En apenas una semana desde su lanzamiento al público en noviembre de 2022, ChatGPT captó la atención de más de un millón de suscriptores, impresionando al mundo con su sofisticada habilidad para llevar a cabo tareas excepcionalmente complejas como herramienta de inteligencia artificial generativa (Qadir, 2022).

ChatGPT, desarrollado por OpenAI, es un modelo de lenguaje de inteligencia artificial que emplea técnicas avanzadas de procesamiento de lenguaje natural para generar respuestas a preguntas o sugerencias de los usuarios. Este modelo se entrena con grandes cantidades de texto y se basa en la familia GPT-3.5, que es considerada como una de las más avanzadas en el campo de los modelos de lenguaje (Brown *et al.*, 2020). En marzo de 2023 se lanzó GPT-4, una versión mejorada, lo que hace prever el potencial para evolucionar rápidamente. La aplicación de ChatGPT en el ámbito educativo tiene un potencial amplio y diverso que abarca desde la escritura de artículos, historias, poemas y ensayos (Lucy y Bamman, 2021), hasta la generación de resúmenes y ampliaciones de texto y depuración de código informático original (Tate *et al.*, 2023). No obstante, su potencial también ha sido objeto de controversia en cuanto a su uso apropiado en la educación. Mientras algunos consideran

que representa el futuro de la enseñanza, el aprendizaje y la investigación educativa, otros ven en él una amenaza que podría limitar las habilidades analíticas de profesores y estudiantes. Entre sus principales ventajas en el ámbito educativo destacan su capacidad para ampliar el alcance de la enseñanza y permitir el acceso a una mayor variedad y cantidad de recursos educativos en línea, así como su potencial para proporcionar retroalimentación personalizada y automatizada en el proceso de aprendizaje (Morales-Chan, 2023; Rudolph *et al.*, 2023). Muchas de estas ventajas pueden llegar a producirse con la adquisición de un conocimiento previo sobre la utilización de la herramienta, cuyo aspecto central requiere la definición de preguntas específicas y relevantes para obtener respuestas coherentes por su parte. Además, la aplicación de ChatGPT como herramienta de apoyo educativo supondrá cambios en muchos aspectos docentes, como la adaptación de los métodos de evaluación actuales, así como el fomento de la creatividad y el espíritu crítico de los estudiantes para aprovechar al máximo sus ventajas en lugar de limitar su uso (Peng *et al.*, 2019). Asimismo, el uso de ChatGPT puede reducir también la carga de trabajo del profesorado en tareas de evaluación y retroalimentación, entre otras (Baker y Smith, 2019).

Distintos autores, como, por ejemplo, Morales-Chan (2023), señalan la necesidad de realizar experiencias de uso de ChatGPT en el contexto docente para identificar prácticas que incorporen su utilización y de esta forma abordar los retos que presenta su aplicación docente. En esta línea, el principal objetivo de este trabajo es presentar una experiencia docente en la que se integra ChatGPT en las actividades docentes universitarias para evaluar las ventajas e inconvenientes de esta herramienta desde la perspectiva del estudiantado y del profesorado. Esta experiencia nos permite examinar cómo los estudiantes utilizan la herramienta ChatGPT y extraer lecciones para diseñar actividades que lo integren de manera efectiva, como apoyo al aprendizaje y no como un sustituto del trabajo del estudiante. Para alcanzar este objetivo, los profesores de tres asignaturas del grado en Ingeniería Informática de la Unirsitat Jaume I (Castellón de la Plana) diseñamos una actividad que requería el uso de ChatGPT por parte de los estudiantes y, a partir de esta experiencia, evaluamos su desempeño. Además, utilizamos el modelo TAM (Davis, 1989) para analizar el grado de aceptación de esta tecnología por parte del estudiantado y del profesorado, valorando aspectos como la utilidad, la facilidad de uso, la satisfacción con su utilización, así como las ventajas e inconvenientes percibidos en relación con su empleo en la educación universitaria.

En el siguiente apartado se presenta el marco conceptual del trabajo, en el que se revisan los principales aspectos de los modelos de inteligencia artificial, con una atención especial a la herramienta ChatGPT. Se examinan las ventajas y limitaciones más destacadas de esta herramienta desde una perspectiva técnica y pedagógica. A continuación, se presenta el modelo TAM como marco para evaluar la aceptación de ChatGPT por parte del estudiantado y del profesorado. En los apartados 3 y 4 se detalla el diseño y la integración de ChatGPT en una experiencia docente, así como la evaluación de la misma a partir del modelo TAM. Finalmente, en el apartado 5 se exponen las principales conclusiones y lecciones aprendidas sobre la experiencia de utilización de ChatGPT en el contexto universitario.

## 2. Marco conceptual

### 2.1. Inteligencia artificial: definición y evolución de modelos

No existe una definición de consenso para el término «inteligencia artificial». Al igual que no existe una única definición de consenso para «inteligencia». En el libro *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (Russell y Norvig, 2021), los autores presentan un cuadro en el que se muestran los diferentes enfoques para definir la «inteligencia artificial» (véase cuadro 1). El citado cuadro tiene dos dimensiones: una dimensión presenta el pensamiento frente al comportamiento y la otra dimensión presenta lo humano/emocional frente a lo racional. Cada intersección de este cuadrante muestra un enfoque diferente de la definición de «inteligencia artificial».

Cuadro 1. Dimensiones de la inteligencia artificial

	Pensamiento	Comportamiento
Humano/Emocional	Modelado cognitivo	Test de Turing
Racional	Logicista	Agente racional

Fuente: Russell y Norvig (2021).

Sin embargo, sí que existe un consenso más amplio sobre cómo decidir, mediante una prueba, si la inteligencia artificial está presente en un sistema computacional artificial. Uno de los primeros intentos de crear un test para distinguir si un sistema artificial puede considerarse inteligente o no se debe a Alan Turing, que lo presentó en su famoso artículo «Computing machinery and intelligence» (Turing, 1950). El test de Turing mide la capacidad de una máquina para mostrar un comportamiento inteligente comparable o imposible de diferenciar del de una persona. Turing propuso la prueba en 1950 y aún hoy en día es uno de los temas más conocidos y controvertidos en el campo de la inteligencia artificial. El test de Turing trata de determinar si una máquina puede hacerse pasar por una persona en una conversación mantenida en lenguaje natural. El test consiste en que un evaluador humano conversa con una máquina y con otra persona sin saber cuál es cuál. Se considera que la máquina ha superado la prueba de Turing si el evaluador no puede distinguir con fiabilidad entre la máquina y un ser humano. La prueba de Turing sigue siendo un hito clave en el desarrollo de la inteligencia artificial e influye en la forma en que los científicos y los programadores abordan la creación de máquinas inteligentes.

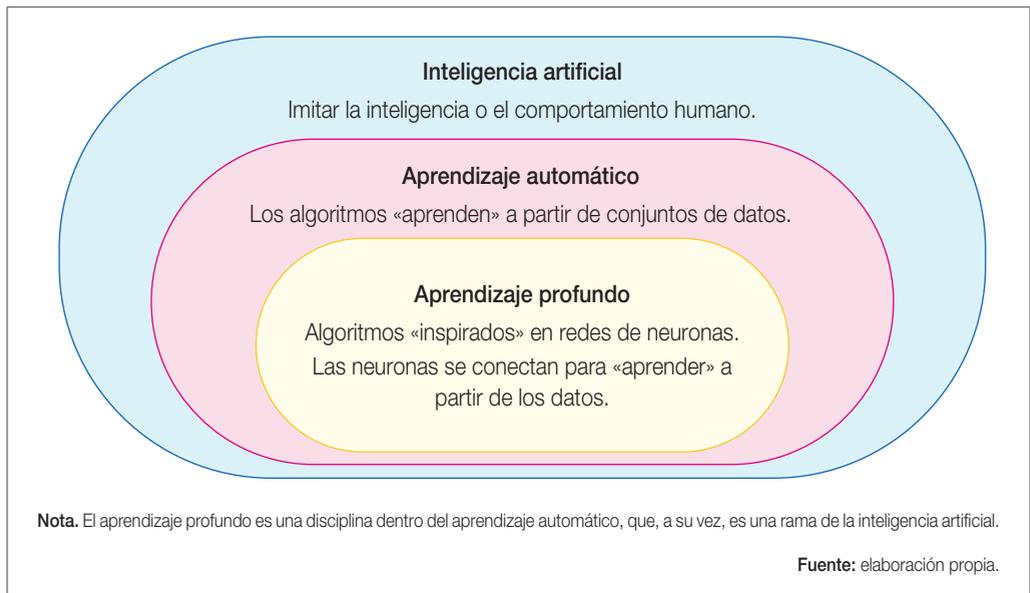
En cuanto a la evolución de los modelos de inteligencia artificial, sus orígenes se remontan a la Conferencia de Dartmouth de 1956, en la que un grupo de investigadores en computación se reunió para debatir la posibilidad de crear máquinas que pudieran «pensar» como

los humanos. Esta conferencia marcó el nacimiento de la inteligencia artificial como disciplina diferenciada y sentó las bases para el desarrollo del campo en las décadas siguientes.

Durante los años sesenta y setenta del siglo XX, la investigación en inteligencia artificial siguió avanzando y se consiguieron nuevos logros en áreas como el procesamiento del lenguaje natural, los sistemas expertos y la visión por ordenador. En 1961, Daniel Bobrow desarrolló el primer programa de procesamiento del lenguaje natural, denominado «Student». Este programa era capaz de comprender y responder a frases sencillas en inglés y sentó las bases para el desarrollo de tecnologías de procesamiento del lenguaje natural más avanzadas en los años siguientes.

En los años ochenta y noventa del siglo pasado, la investigación en inteligencia artificial se orientó hacia el «aprendizaje automático» (Bishop, 2011) (véase figura 1), que consiste en entrenar a las máquinas para que aprendan de los datos y hagan predicciones o tomen decisiones basadas en ellos. Este enfoque ha dado lugar a avances significativos en áreas como la visión por ordenador, el reconocimiento del habla y el procesamiento del lenguaje natural.

Figura 1. Aprendizaje profundo-Aprendizaje automático-Inteligencia artificial



Uno de los avances más importantes en el aprendizaje automático fue el desarrollo de algoritmos de aprendizaje profundo (Goodfellow *et al.*, 2016), también conocidos como «redes neuronales profundas», que son capaces de aprender representaciones complejas de datos y hacer predicciones precisas. Estos algoritmos son los que han dado lugar a las

herramientas que actualmente han acaparado la atención de los medios de comunicación debido a sus increíbles posibilidades. Quizás los éxitos del primer programa informático basado en redes neuronales profundas que irrumpió en los medios de comunicación fue AlphaGo<sup>1</sup>, un producto de la empresa DeepMind, perteneciente a Google, que derrotó al segundo mejor jugador de Go en el *ranking* mundial, Lee Sedol, en 2016. Otra herramienta de esta misma empresa, también basada en algoritmos de aprendizaje profundo, es AlphaFold<sup>2</sup>, que puede predecir de manera más aproximada que cualquier otro método anterior la estructura en tres dimensiones de las proteínas a partir de la secuencia de aminoácidos que la forman. A este acontecimiento siguieron otros muchos, como Dall-E<sup>3</sup>, un programa de la empresa OpenAI, basado en algoritmos de aprendizaje profundo, que es capaz de generar imágenes a partir de texto. Esta empresa es la misma que ha creado ChatGPT, que se detalla en mayor profundidad en el siguiente apartado.

## 2.2. ChatGPT

La rápida evolución de las técnicas empleadas en la inteligencia artificial, junto con los avances en el campo del procesamiento del lenguaje natural, ha derivado en un uso popular de la inteligencia artificial generativa, en general, y en ChatGPT, como máximo exponente de la misma, en particular (Ray, 2023). La «inteligencia artificial generativa» puede ser definida como la tecnología que usa los modelos de aprendizaje profundo (*deep learning*) con la finalidad de generar contenido que se podría considerar creado por humanos a partir de las indicaciones que se le dan (*prompts*) (Lim *et al.*, 2023). Esos contenidos pueden ser de lo más variado, incluyendo tanto texto como canciones o imágenes (Lim *et al.*, 2023; Ray, 2023). Dentro de la inteligencia artificial generativa se distingue entre aquella que es capaz de responder a las indicaciones que se le dan y generar contenido y aquella otra, denominada «inteligencia artificial conversacional», cuya respuesta se basa en respuestas predefinidas (Lim *et al.*, 2022). Por lo tanto, la inteligencia artificial generativa va un paso más adelante que la conversacional y puede generar nuevas respuestas más allá de su programación explícita. Los modelos de lenguaje basados en estas técnicas de inteligencia artificial aumentada, como, por ejemplo, ChatGPT (OpenAI, s. f.), combinan ambas con la finalidad de mejorar sus prestaciones y ser cada vez más versátiles.

ChatGPT está basado en una clase de modelos de inteligencia artificial que pueden crear nuevos datos basados en patrones y estructuras aprendidas a partir de los datos existentes. Estos modelos se basan en técnicas de aprendizaje automático (Bishop, 2011) y redes neuronales (Goodfellow *et al.*, 2016) para analizar, comprender y generar contenido que pueda parecerse al que crearía una persona (Ray, 2023).

---

<sup>1</sup> <https://www.deepmind.com/research/highlighted-research/alphago>

<sup>2</sup> <https://alphafold.ebi.ac.uk/>

<sup>3</sup> <https://openai.com/product/dall-e-2>

### 2.2.1. Definición y funcionamiento de ChatGPT

ChatGPT (OpenAI, s. f.) es un *chatbot* gratuito creado por la empresa OpenAI y puesto a disposición del público en general en noviembre de 2022 para su prueba. Dicho *chatbot* es capaz de contestar cualquier pregunta que se le plantee con la apariencia de mantener una conversación fluida con su interlocutor (Haleem *et al.*, 2022).

En el contexto de la inteligencia artificial, ChatGPT está basado en una *generative pre-trained transformer* (GPT) arquitectura. Los modelos GPT están diseñados para el procesamiento del lenguaje natural, incluyendo el análisis del lenguaje humano y la generación de nuevo contenido (Ray, 2023). El término «*generative* (G)» explica la capacidad que tiene la herramienta para producir nuevo texto; la palabra «*pre-trained* (P)» hace referencia al modelo de inteligencia artificial que implementa la herramienta, basado en técnicas de aprendizaje automático, lo que le permite aprender de forma similar a como lo hacen las personas: usan los conocimientos previos para aprender otros nuevos, lo que le permite avanzar en su conocimiento; finalmente, el vocablo «*transformer* (T)» designa la red neuronal que permite examinar la conexión general entre cada componente del conjunto de datos de entrenamiento (Haleem *et al.*, 2022). La evolución de ChatGPT desde las primeras versiones hasta su auge y popularización social en noviembre de 2022 se puede observar en el cuadro 2.

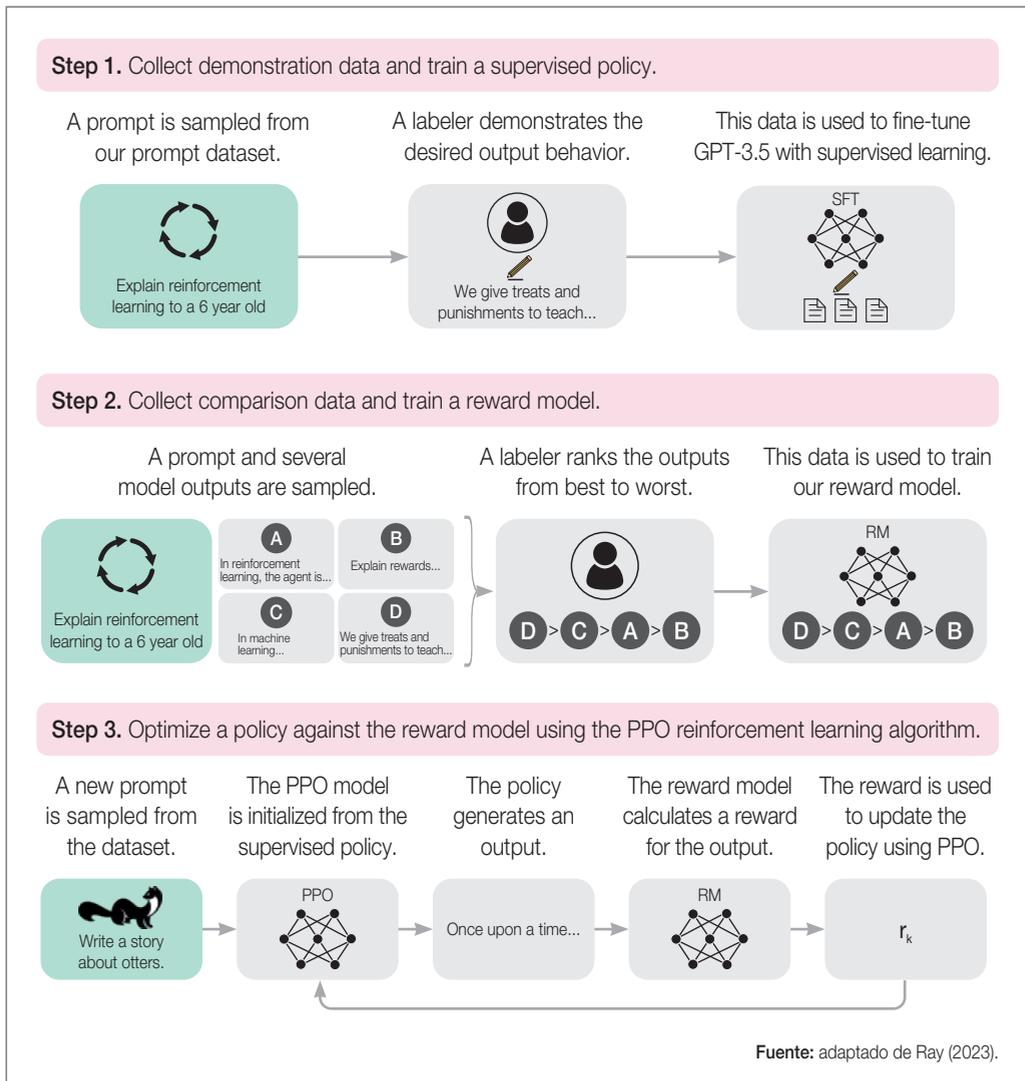
Cuadro 2. Versiones de ChatGPT

Versión	Uso	Año
GPT-1	General	2018
GPT-2	General	2019
GPT-3	General	2020
InstructGPT	Conversación	2022
ProtGPT2	Secuenciación de proteínas	2022
BioGPT	Contenido bioquímico	2022
ChatGPT	Díálogo	2022
GPT-4	General	2023

Fuente: traducción propia a partir de Ray (2023).

ChatGPT está basado en la arquitectura GPT-3.5 (véase figura 2), que es una versión modificada del modelo GPT-3 lanzado en 2020 por la empresa OpenAI. La principal diferencia entre GPT-3.5 y su precursor GPT-3 es que el primero tiene muchos menos parámetros, pero, a pesar de tener menos parámetros, es capaz de funcionar bien en tareas de comunicación en lenguaje natural con usuarios con el fin de generar contenidos. ChatGPT fue entrenado en un gran corpus de datos de texto y ajustado a una tarea específica de generar respuestas conversacionales (Ray, 2023).

Figura 2. Flujo de trabajo del modelo GPT-3.5

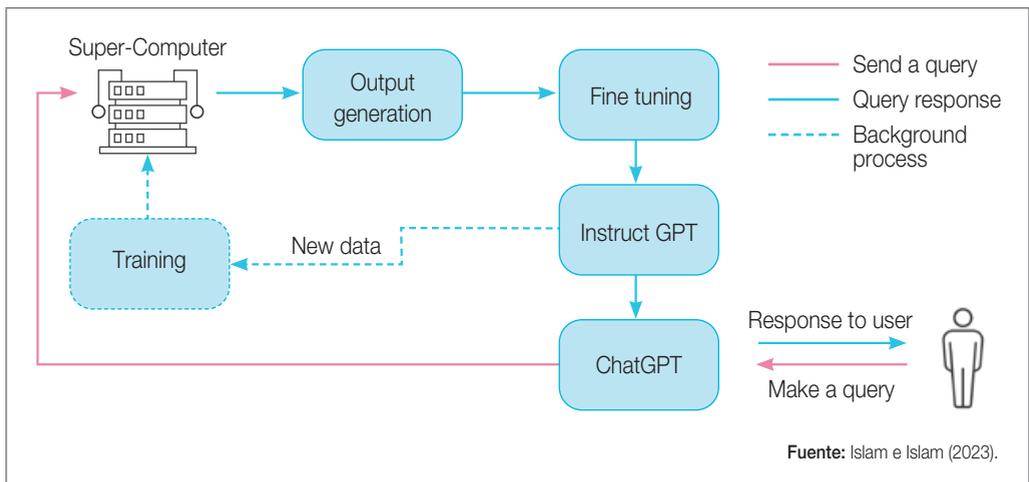


ChatGPT interactúa con el usuario a través de indicaciones (*prompts*). El entrenador de inteligencia artificial o ingeniería de indicaciones proporciona los mecanismos esenciales para mejorar la experiencia del usuario en su comunicación con ChatGPT. Por tanto, juega un papel significativo para que dicha comunicación sea efectiva, proporcionando técnicas que permiten que los usuarios vayan guiando al modelo de inteligencia artificial en cada paso de la conversación, de modo que el resultado en cada iteración sea más preciso y relevante y, por lo tanto, más útil para el propósito del usuario (Prompt Engineering, 2023). A continuación, se resumen las técnicas que pueden mejorar la interacción entre el usuario y ChatGPT (Ray, 2023):

- Introducir indicaciones claras y específicas iniciales. Por tanto, se han de evitar indicaciones ambiguas.
- Proporcionar el contexto y la información precisa sobre las indicaciones.
- Determinar el formato y la estructura de la respuesta deseada.
- Especificar el alcance y las restricciones aplicables a las indicaciones.
- Realizar diversas iteraciones con la estrategia «divide y vencerás» hasta obtener una respuesta satisfactoria.

Tal como se observa en la figura 3, el proceso de interacción entre el usuario o el interlocutor y la herramienta comienza con la realización de una pregunta por parte del usuario a dicha herramienta. Esta, mediante el uso de procesos previos de entrenamiento y usando la potencia de cálculo de supercomputadores, es capaz de producir una respuesta mejorada y se le presenta al usuario. Este proceso se puede repetir sucesivamente hasta que la repuesta propuesta sea satisfactoria para el usuario (Islam e Islam, 2023).

Figura 3. Proceso de funcionamiento de ChatGPT con el usuario o el interlocutor



### 2.2.2. Ventajas y limitaciones de ChatGPT

A continuación, se detallan algunas de las ventajas y limitaciones (Ray, 2023) que se pueden señalar en GPT-3. En primer lugar, en relación con las ventajas, cabe destacar las que enumeramos a continuación:

- Se puede usar para llevar a cabo muchas tareas de procesamiento de lenguaje natural. Esta herramienta funciona de manera que es capaz de mantener una conversación completamente fluida con el usuario o el interlocutor sobre un espectro muy amplio de temas.
- Se puede usar para mejorar el texto, produciendo texto de alta calidad. Si el usuario introduce un texto, se le puede pedir a la herramienta que lo redacte de nuevo, de forma más precisa, con un determinado objetivo; por ejemplo, mejorar un resumen para una revista científica.
- Arquitectura diseñada para gestionar grandes volúmenes de datos. La herramienta es capaz de responder casi sobre cualquier tema que esté contenido en el corpus de entrenamiento de la misma<sup>4</sup>.
- Capacidad de aprendizaje con cero muestras de entrenamiento. Es lo que se conoce como «sistemas de disparo cero», es decir, sistemas que son capaces de producir nuevo contenido sin ejemplos de entrenamiento o con muy poco.

Por otra parte, entre sus principales limitaciones cabe señalar las siguientes:

- Elevados requisitos computacionales para gestionar dichos volúmenes de datos. Se precisa de un elevado procesamiento de datos, lo cual requiere de mucha potencia computacional.
- Problemas de interoperabilidad al ser difícil conocer su arquitectura interna compleja, lo cual dificulta su integración a bajo nivel.
- Entrenamiento realizado con datos en inglés, lo que puede dar resultado a sesgos. Los sesgos no solo se producen a nivel de idioma, sino también de género, cultura, etc. La mayor parte de datos del conjunto de entrenamiento proceden de una determinada forma de percibir la realidad según la cultura anglosajona, por tanto, las respuestas pueden reproducir sesgos al no tener en cuenta otras realidades culturales distintas a la anglosajona.

---

<sup>4</sup> Si bien el conocimiento de la herramienta se basa en datos recopilados hasta septiembre de 2021, aunque se realizan mejoras del modelo y se entrena para tenerla actualizada, no posee conocimiento específico sobre eventos ocurridos después de dicha fecha.

- Problemas morales o/y éticos. Sería, si no la limitación, sí el problema más importante en relación con su uso o no en determinados contextos o tareas.

A modo de ejemplo, a continuación, se puede observar el resultado que proporciona la herramienta cuando se la cuestiona sobre sí misma. Si este primer resultado se hubiese seguido afinando, habría servido quizás como apartado 2.2 de este trabajo, lo cual plantea no pocos dilemas morales y éticos.

#### Ejemplo de respuesta generada por la herramienta ChatGPT para describirse a sí misma

ChatGPT es un modelo de lenguaje de inteligencia artificial desarrollado por OpenAI, basado en la arquitectura GPT (transformador generativo de preentrenamiento) que tiene la capacidad de generar respuestas coherentes y contextualizadas a partir de un *prompt* o de una pregunta dada.

El modelo funciona mediante el preprocesamiento de grandes cantidades de datos textuales (como noticias, libros, artículos, entre otros), lo que le permite «entender» la estructura del lenguaje y la relación entre las palabras y las frases.

Luego, cuando se le presenta un *prompt*, el modelo utiliza esta información previa para generar una respuesta relevante y coherente.

Existen diferentes tipos de *prompts* que se pueden utilizar para interactuar con el modelo, incluyendo preguntas generales, tareas específicas, como la traducción de idiomas o la generación de texto creativo, entre otros.

Entre las ventajas de ChatGPT se incluyen su capacidad para generar respuestas rápidas y precisas en una variedad de temas, su capacidad para adaptarse a diferentes estilos y niveles de lenguaje y su potencial para ser utilizado en una amplia gama de aplicaciones, como *chatbots*, asistentes virtuales y herramientas de traducción automática.

Sin embargo, también hay algunas limitaciones e inconvenientes asociados con el modelo, incluyendo su tendencia a generar respuestas vagas o imprecisas en ciertos casos, su dependencia de datos previos para generar respuestas precisas y su incapacidad para comprender completamente el contexto o la intención detrás de una pregunta o solicitud.

Además, el modelo también puede presentar sesgos lingüísticos o culturales en su generación de respuestas, dependiendo de los datos de entrenamiento utilizados.

Fuente: OpenAI (s. f.).

Con todo, la principal limitación de la inteligencia artificial generativa es su falta de independencia, puesto que las respuestas que genera son altamente dependientes de los *inputs* que recibe, tanto en términos de cantidad como de calidad (Lim *et al.*, 2022).

En el siguiente apartado se revisa el impacto que ChatGPT está teniendo en el ámbito educativo, haciendo especial referencia a su utilización efectiva y responsable, así como al tipo de ventajas y limitaciones para docentes y estudiantes.

## 2.3. Cómo usar ChatGPT para que sea efectivo en la enseñanza

La implementación de tecnologías que incorporan inteligencia artificial en la enseñanza puede mejorar la efectividad de la educación al enfocarse en las necesidades y en los requisitos de los estudiantes (Tapalova y Zhiyenbayeva, 2022). La inclusión de redes sociales y *chatbots* en el proceso educativo proporciona una formación más eficaz y accesible durante las 24 horas del día y los 7 días de la semana, lo que conduce a un mayor compromiso por parte de los estudiantes y a un ahorro significativo de tiempo para los profesores.

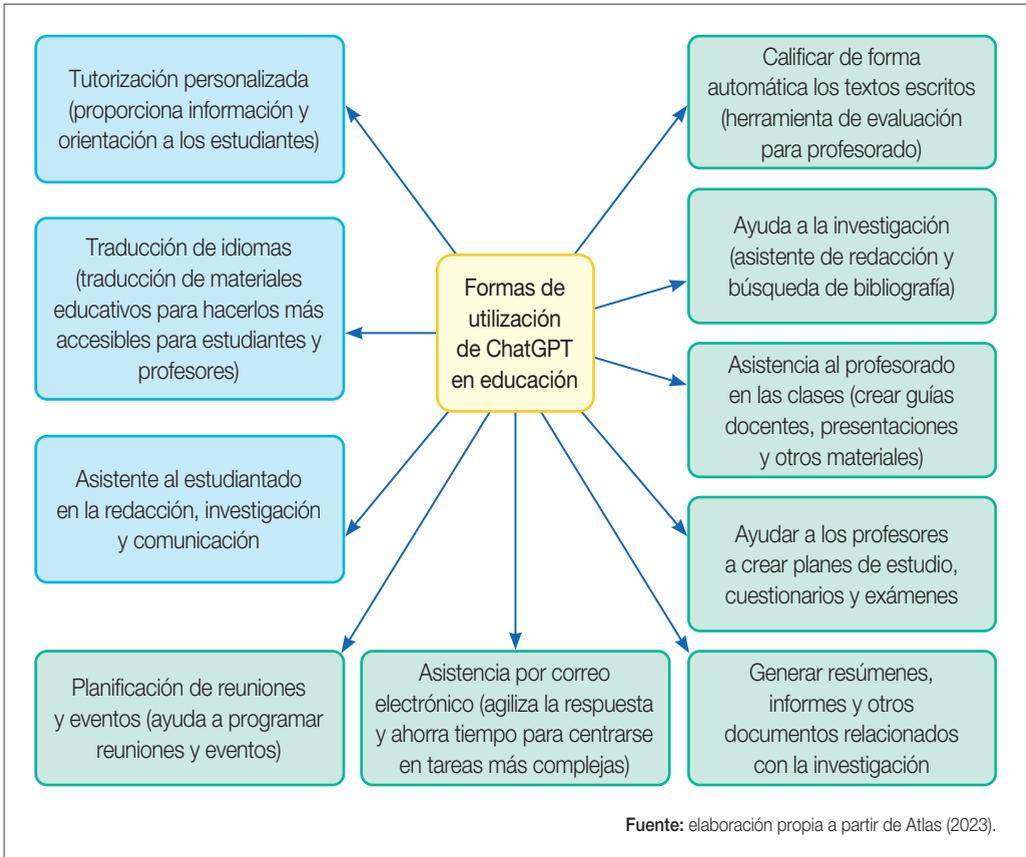
La eficiencia educativa se ve impulsada por sistemas expertos que garantizan una planificación curricular, una toma de decisiones precisa, un control eficaz y una colaboración mejorada. Este tipo de tecnologías permite la personalización de los planes de aprendizaje, al tener en cuenta las necesidades, las preferencias y los conocimientos académicos previos de cada estudiante; de esta manera, permite ofrecer itinerarios educativos personalizados (Tapalova y Zhiyenbayeva, 2022). Esto se logra por la capacidad de proporcionar materiales y recursos de aprendizaje a medida para cada estudiante.

Sin embargo, este tipo de herramientas tan intuitivas en su uso y con tantas posibilidades de aplicación requieren de algunas indicaciones para poder hacer un uso efectivo y adecuado. Un aspecto fundamental en la efectividad de ChatGPT se basa en la precisión a la hora de diseñar y formular los *prompts*. Para obtener resultados óptimos como herramienta docente que apoya el desarrollo de recursos para la enseñanza, es fundamental considerar cuidadosamente la estructura, el formato y la información incluida en el *prompt* (Morales-Chan, 2023).

ChatGPT facilita el desarrollo de distintas tareas en el ámbito de la educación y da apoyo tanto al profesorado como a los estudiantes (Atlas, 2023) en labores relacionadas con la evaluación y la tutorización de los trabajos, en la redacción o en la traducción de artículos, en la elaboración de materiales didácticos, como exámenes o ejercicios, o en la creación de respuestas automáticas ante dudas recurrentes a través del correo electrónico, entre otras (véase figura 4).

El potencial de ChatGPT en el ámbito educativo es amplio, ya que puede llevar a cabo tareas complejas, como escribir artículos, historias, poemas, ensayos (Lucy y Bamman, 2021), proporcionar resúmenes y ampliaciones de texto, ajustar perspectivas y hasta escribir y depurar código informático original (Tate *et al.*, 2023). Sin embargo, este potencial ha generado un debate sobre su uso adecuado en el ámbito educativo. Mientras que algunos lo ven como el futuro de la enseñanza, del aprendizaje y de la investigación educativa, otros lo perciben como una amenaza que podría convertir a profesores y estudiantes en personas con habilidades analíticas limitadas. A continuación, revisamos algunas de las ventajas y de los inconvenientes de su aplicación en la educación puestas a debate por distintos autores.

Figura 4. Funciones de ChatGPT en el ámbito educativo



### 2.3.1. Ventajas e inconvenientes de la utilización de ChatGPT para estudiantes y docentes

#### A) Ventajas de ChatGPT en el ámbito educativo

En relación con las ventajas que ofrece ChatGPT actualmente y cómo adaptar la docencia para hacer un uso eficiente y adecuado de esta herramienta, señalamos a continuación las principales:

- ChatGPT tiene el potencial de ampliar el alcance de la enseñanza al permitir el acceso a una mayor variedad y cantidad de recursos educativos en línea y al proporcionar respuestas precisas a preguntas específicas, lo que permite una adap-

tación más efectiva al ritmo de aprendizaje de cada estudiante (Morales-Chan, 2023). Actualmente, ChatGPT se enfoca en mejorar su rendimiento en tareas específicas, como la traducción de idiomas o la respuesta a preguntas, mediante la afinación de sus capacidades (Rudolph *et al.*, 2023). Sin embargo, es importante destacar que el potencial de esta tecnología va más allá de estas aplicaciones iniciales. Gracias a su arquitectura y a la gran cantidad de datos que utiliza para su entrenamiento, ChatGPT tiene la capacidad de generar texto coherente y natural en una variedad de contextos, lo que lo hace muy versátil y prometedor para la creación de nuevos sistemas de lenguaje natural. Dada la gran potencialidad de esa herramienta, autores como Sharples (2022) apuntan la importancia de que tanto profesorado como estudiantado se involucren en su aprovechamiento para facilitar el aprendizaje en lugar de poner obstáculos para que los estudiantes la incorporen a su proceso de aprendizaje.

- Otro de los beneficios de su uso es su capacidad para ofrecer retroalimentación al estudiante en su proceso de aprendizaje (Morales-Chan, 2023). Los sistemas de tutoría inteligente, gracias a la aplicación de algoritmos basados en inteligencia artificial, tienen la capacidad de simular la asistencia de un tutor al proporcionar ayuda personalizada para resolver problemas. Según Peng *et al.* (2019), la aplicación de la inteligencia artificial en forma de tutor virtual puede brindar un apoyo efectivo a los estudiantes que están aprendiendo un idioma y mejorar su competencia lingüística, siempre y cuando pueda comprender las preguntas de los estudiantes y proporcionar respuestas pertinentes y adecuadas. Tal y como señalan algunos autores (por ejemplo, Rudolph *et al.*, 2023), a medida que la tecnología de *big data* continúa avanzando en el campo de la analítica del aprendizaje, se espera que surja un paradigma de aprendizaje adaptativo y personalizado revolucionario.

Para que la calidad de la retroalimentación sea adecuada, el profesorado debe centrar su labor en la definición de preguntas relevantes y específicas que puedan dar lugar a respuestas coherentes por parte de la herramienta. Esta aplicación, como herramienta de retroalimentación, supone un recurso importante para el estudiante porque este puede obtener respuestas instantáneas y personalizadas en cualquier momento de su proceso de aprendizaje, permitiendo de esta forma comprender mejor los conceptos, corregir errores y avanzar en su aprendizaje. Por su parte los profesores pueden utilizar esta tecnología para agilizar y ofrecer apoyo ante dudas específicas y más profundas que los estudiantes pueden requerir, dado que el uso de ChatGPT les puede permitir avanzar más rápidamente y lograr un nivel de profundización en los contenidos.

- ChatGPT supone para el profesorado una herramienta que facilita las tareas de evaluación y retroalimentación de forma automatizada, permitiendo reducir su carga de trabajo (Baker y Smith, 2019). El impacto del uso de ChatGPT en las tareas de evaluación tiene su contrapartida en que puede ser utilizado por los estudiantes para la realización de tareas y exámenes. Sin embargo, las soluciones encamina-

das a evitar el uso de ChatGPT por parte de los estudiantes a la hora de realizar ejercicios y tareas evaluables no pasa por adoptar un enfoque policial (Rudolph *et al.*, 2023), sino más bien por cuestionar los métodos actuales de evaluación y realizar una labor de adaptación y mejora de dichos métodos. Así, por ejemplo, algunos autores señalan el escaso valor que tiene la realización de exámenes en los que los estudiantes memorizan información para dichas pruebas sobre contenidos que poco después olvidan, o bien exámenes o tareas que pueden ser fácilmente resueltos por una inteligencia artificial. En este sentido, las tareas y las evaluaciones más bien deberían fomentar el espíritu crítico y creativo de los estudiantes (Brookfield *et al.*, 2019) mediante la realización de actividades en el aula, o bien que los alumnos escriban sobre temas que les interesen y puedan elevar sus voces y opiniones (McMurtrie, 2022); en definitiva, involucrar a los estudiantes en tareas intrínsecamente motivadoras en las que se vean reflejados y en las que puedan aportar su propia visión. Otra cuestión adicional tiene que ver con la realización de una labor pedagógica por parte del profesorado, ayudando a los estudiantes a comprender las ventajas y las limitaciones de la inteligencia artificial, así como a utilizar las herramientas de inteligencia artificial con criterio, de tal forma que dichas herramientas asistan a los estudiantes en sus tareas de escritura, pero no como un sustituto del trabajo original y del pensamiento crítico (Rudolph *et al.*, 2023). Algunos autores recomiendan incluso compartir con los estudiantes los defectos de las producciones de la inteligencia artificial y también ejemplos de textos de calidad inferior que pongan de relieve el valor de la escritura humana.

## B) Inconvenientes de ChatGPT en el ámbito educativo

En los últimos meses, el uso de ChatGPT se ha popularizado debido a su habilidad para generar contenido original y responder preguntas de manera natural. No obstante, antes de su aplicación en educación, es crucial considerar las limitaciones y los riesgos para lograr una implementación efectiva y responsable (Celik *et al.*, 2022). Además, es importante considerar el impacto potencial de la tecnología en el papel del docente y en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, podemos diferenciar dos tipos de inconvenientes asociados a su aplicación en educación:

- Derivados de las limitaciones actuales de la propia herramienta. Algunas de las principales limitaciones de ChatGPT se refieren al tipo de texto que genera. Así, aunque puede producir respuestas coherentes y a veces sorprendentes, estas no siempre son precisas ni confiables debido a la falta de contexto y a la limitación de su entrenamiento (Morales-Chan, 2023), siendo todos estos aspectos reconocidos por los desarrolladores de la herramienta. Como modelo generativo de inteligencia artificial, es factible que ChatGPT genere información inventada o falsa, lo que podría ser considerado como desinformación (Qadir, 2022). Esto puede generar un aprendizaje erróneo por parte del estudiante, llegando a pro-

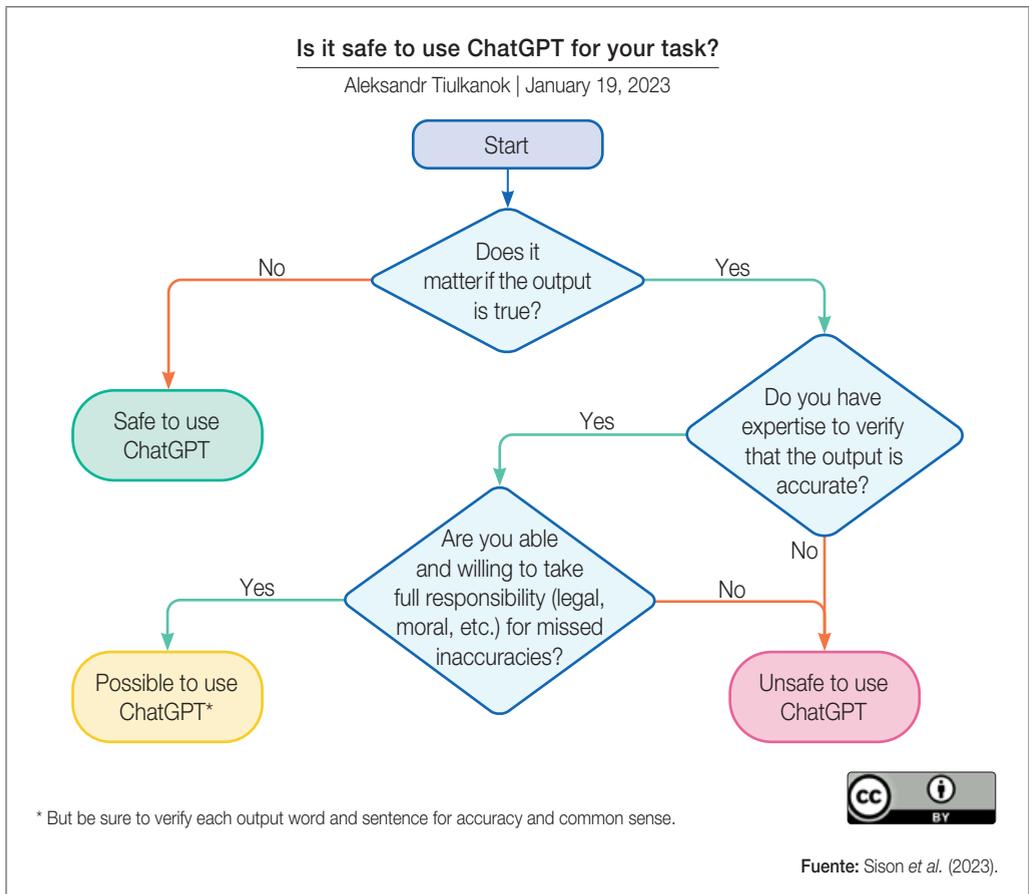
ducir falta de confianza en este recurso y desmotivación en su proceso de aprendizaje. De la misma forma, de las pruebas realizadas con ChatGPT en el ámbito de la investigación, la propia herramienta ha llegado a producir citas bibliográficas de trabajos inexistentes, las cuales ha generado de forma instantánea (Qadir, 2022). Además, este tipo de modelos generativos tiene una gran dependencia de los datos con los que son entrenados y esto puede generar respuestas sesgadas, así como una baja calidad de la respuesta. En este sentido, algunos autores señalan que, si los datos de entrenamiento no tienen la cantidad y calidad suficiente, o bien estos no son relevantes para la tarea en cuestión, el modelo no funciona bien y, por tanto, su rendimiento se ve afectado (Baidoo-Anu y Owusu Ansah, 2023). De igual forma, un sesgo en los datos de entrenamiento provoca un sesgo en el modelo, pudiendo en ocasiones generar respuestas insensibles u ofensivas (Morales-Chan, 2023) debido a la falta de comprensión profunda de temas éticos y morales, lo que debe ser considerado al utilizar esta tecnología en el ámbito educativo. También hay que tener en cuenta las limitaciones lingüísticas de ChatGPT, que ha sido principalmente entrenado en inglés, lo que podría afectar a su rendimiento en otros idiomas (Morales-Chan, 2023). A medida que ChatGPT continúe desarrollándose, se espera que se resuelvan sus limitaciones técnicas, lo que permitirá que la herramienta alcance su máximo potencial. No obstante, es posible que este progreso también genere nuevas limitaciones. Por este motivo, algunos Gobiernos han señalado la importancia de entender cómo utilizar adecuadamente esta herramienta y conocer sus capacidades antes de introducirla en distintos aspectos de la vida personal y profesional.

- Asociados a un uso inadecuado. Respecto a las desventajas derivadas del uso inadecuado de ChatGPT, la manera en que se puede utilizar esta herramienta en el contexto educativo aún no se comprende completamente y hay una incertidumbre acerca de lo que sería considerado como aceptable y lo que podría considerarse como un acto de engaño o fraude académico (Qadir, 2022). Este tipo de herramientas de procesamiento natural del lenguaje pueden ser útiles para obtener ideas e inspiración, sin embargo, copiar de forma literal de ellas no es aceptable, puesto que no aporta valor y puede considerarse engañoso o equívoco, tanto por delegar una tarea de aprendizaje especialmente diseñada para que sea realizada por estudiantes como por los sesgos que pueden llevar implícitas las respuestas y que son difíciles de detectar por alguien que está aprendiendo sobre una materia. Para mantener la integridad académica, es necesario que los estudiantes comuniquen sus fuentes y los recursos que han utilizado en trabajos y exámenes. Además, el aumento en la sofisticación y en la accesibilidad de herramientas como ChatGPT plantea una preocupación respecto a la posibilidad de que se utilicen para cometer actos de fraude en evaluaciones (Susnjak, 2022). Por lo tanto, se debe prestar especial atención a la implementación de medidas para evitar el plagio y garantizar la autenticidad de los trabajos presentados.

Es probable que la definición de «plagio» y el uso aceptable y no aceptable de estas herramientas evolucione a medida que se vuelvan más comunes. Para mitigar estos riesgos, los métodos alternativos de evaluación, como los exámenes orales o los proyectos, pueden volverse más populares. Las tareas tradicionales pueden utilizarse como ejercicios con menos énfasis en la calificación, mientras que la evaluación real puede basarse en el rendimiento real.

Después de considerar los inconvenientes asociados a la utilización de ChatGPT en el ámbito educativo, es responsabilidad de docentes y estudiantes conocer dichos problemas y reflexionar sobre su adecuada utilización. El árbol de decisión sobre el empleo de ChatGPT, de Aleksandr Tiulkanov, que podemos ver en la figura 5, puede ser una herramienta para facilitar dicha reflexión (Sisión *et al.*, 2023).

Figura 5. Árbol de decisión sobre la utilización de ChatGPT



### 2.3.2. Modelo TAM de ChatGPT en el ámbito educativo

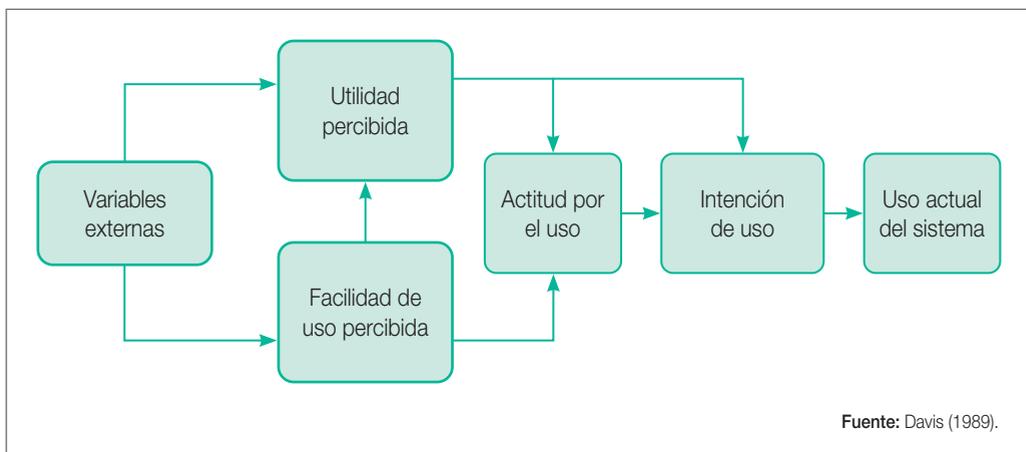
El modelo TAM, desarrollado por Davis (1989), plantea que la aceptación de la tecnología por una persona potencialmente usuaria de la misma viene determinada por sus creencias sobre las consecuencias de su utilización. Este modelo se basa en la teoría de acción razonada de Ajzen y Fishbein (1980) y postula que, cuando un usuario se plantea el uso de una nueva tecnología, se forma dos percepciones (creencias) clave sobre la tecnología:

- **Utilidad percibida.** Se refiere a la percepción generalizada de que la tecnología es útil para realizar una tarea específica.
- **Facilidad de uso percibida.** Recoge la percepción generalizada de que la tecnología es fácil de usar.

Estas creencias se forman a partir de influencias externas e internas a nivel individual (experiencia) y social (cultura, política organizativa, grupo, etc.) (véase figura 6).

De esta forma, según el modelo TAM, cuanto más útil y fácil de usar percibe una persona la tecnología, más probable será que la acepte y la utilice. Este modelo, más extendido en la literatura sobre sistemas de información, se ha aplicado a una variedad de ámbitos, entre los que destacan los tecnológicos, los organizativos y los educativos, entre otros.

Figura 6. Modelo de aceptación de la tecnología



El modelo TAM y las posteriores modificaciones del mismo han sido utilizados en educación para estudiar el grado de aceptación de distintas herramientas tecnológicas en el ámbito educativo, como, por ejemplo, la plataforma Moodle (Bedregal-Alpaca *et al.*, 2019), las tecnologías móviles (Sánchez Prieto *et al.*, 2017), la realidad aumentada (Cabero

Almenara *et al.*, 2016) o Telegram (De los Ríos Medina, 2021), entre otras. A partir del modelo TAM, en el presente trabajo se examinará el grado de aceptación de ChatGPT por parte de estudiantes y profesorado en el ámbito universitario. Previamente a ello, se analizará una experiencia docente de aplicación de ChatGPT, tal y como se detalla en los siguientes apartados.

### 3. Una experiencia docente con ChatGPT: diseño y aplicación en la docencia universitaria

#### 3.1. Contexto de la experiencia docente

La experiencia docente mostrada en este trabajo de investigación se llevó a cabo en una universidad pública española. Esta universidad cuenta con un centro de educación y nuevas tecnologías que ya se ha hecho eco del impacto que va a tener la aparición de ChatGPT en la docencia. Según este centro, las consecuencias son principalmente dos:

- Es necesario incorporar estas nuevas tecnologías como una herramienta más en el proceso de enseñanza-aprendizaje haciendo un buen uso de ellas.
- Hay que detectar y evitar el uso fraudulento de estas herramientas.

Es necesario que tanto los estudiantes como los profesores usen estas herramientas de un modo ético y responsable, promoviendo el pensamiento crítico, interrelacionado y la capacidad de resolver problemas de modo creativo.

Por otro lado, uno de los rasgos de identidad de nuestra universidad es que todos los estudiantes, con independencia de la titulación, se forme durante sus grados en conocimientos de nuevas tecnologías, con especial énfasis en tecnologías informáticas. Podemos suponer, por tanto, que los estudiantes de nuestra universidad poseen las habilidades necesarias para acceder al uso de estas tecnologías. Recordemos que, en el caso particular de ChatGPT, se puede interaccionar con la herramienta a través de una página web previo registro. Por esta razón, en la experiencia docente quisimos conocer tanto el uso que actualmente están haciendo los profesores como los estudiantes. Para ello, como hemos indicado, se utilizó el cuestionario TAM.

La experiencia la realizó un grupo de docentes que lleva colaborando desde hace diez años en el grado de Ingeniería Informática, impulsando el emprendimiento entre los estudiantes como base diferenciadora para integrarse en el mercado laboral. En concreto, se trata de tres asignaturas que se coordinan teniendo como nexo común el desarrollo de un proyecto de ingeniería del *software* que sigue una metodología ágil.

### 3.2. Diseño de la experiencia docente con ChatGPT

El diseño de la experiencia docente surgió a partir de la primera reunión de coordinación para la preparación del curso siguiente que fue realizada por el grupo de profesores a principios de 2022. En esta reunión se valoró el auge que estaba teniendo ChatGPT y su impacto en la educación, y, por lo tanto, se planteó la posibilidad de incorporar la herramienta en algún tipo de práctica de las que se realizarían para el curso 2023/2024. Tras la asistencia del profesorado participante a varios cursos y talleres sobre el uso de ChatGPT en la docencia, se vio la posibilidad de incorporarlo en el mismo curso 2022/2023. Por ello, se realizaron diversas reuniones al comienzo del segundo semestre con el fin de diseñar la experiencia docente y su posterior proceso de evaluación. Dichas reuniones entre el profesorado sirvieron para determinar la asignatura, el momento y el tipo de ejercicio que se podía plantear para integrar el uso de ChatGPT en la práctica docente. Al final se decidió elegir la asignatura en la cual se explica la parte metodológica de desarrollo ágil con la que se implementa el proyecto y, en concreto, en la actividad de análisis de riesgos del proyecto. La motivación de la elección vino determinada, en primer lugar, por el momento en el cual podía aplicarse, lo suficientemente pronto para su posterior evaluación con vistas a mejorar la planificación del curso siguiente. Y, en segundo lugar, por el tipo de actividad que permitía diseñar una experiencia de búsqueda y comparación de información sin el uso de ChatGPT, en una primera fase, y, luego, con el uso de ChatGPT. La formación realizada por los docentes, junto con el proceso iterativo de diseño en el que los profesores iban probando cada nueva versión, permitió obtener los ejercicios de búsqueda y comparación de riesgos del proyecto que iban a realizar los alumnos como parte de la experiencia docente.

#### Ejercicio de búsqueda y comparativa de información sobre los riesgos del proyecto

**Objetivo.** Realizar una búsqueda de información sobre el tema de análisis de riesgo aplicado al proyecto que estáis realizando para que lo podáis incluir en la *landing page* (10% de la evaluación en la asignatura de Metodología).

**Propuesta.** Realizar un análisis de los riesgos del proyecto en particular desarrollado por vuestro equipo mediante la metodología Scrum. Con la finalidad de sintetizar la información resultante, se propone realizar un cuadro comparativo como el siguiente. En este cuadro se deberá incluir la información relativa a tres competidores que tengan un proyecto similar al analizado para las siguientes características:

Características	Competidor 1	Competidor 2	Competidor 3	Mi Proyecto
Metodología de desarrollo				
Riesgos del equipo				
Riesgos de entorno				

Ejercicio de búsqueda y comparativa de información sobre los riesgos del proyecto (cont.)

Características	Competidor 1	Competidor 2	Competidor 3	MiProyecto
◀				
Usuarios finales				
Riesgos de los usuarios finales				
Funcionalidades principales				
Funcionalidades específicas				
Riesgos del producto				
Observaciones				

**Procedimiento.** Durante la segunda sesión, debéis repetir el mismo ejercicio con la ayuda de ChatGPT. En este caso, ChatGPT se debe usar para recabar la información sobre el tema en cuestión, ofreciéndole además información sobre el contexto del proyecto. Posteriormente, debéis mejorar el análisis del proyecto proporcionado por la herramienta con vuestras propias habilidades y conocimientos sobre el proyecto.

Como se puede observar, el ejercicio consistía en la evaluación de los riesgos del proyecto informático que cada equipo había planteado en la asignatura de Iniciativa Empresarial. Este proyecto consistía en el desarrollo de una aplicación *software* y debía llevarse a cabo siguiendo la metodología ágil Scrum, que el alumnado aprende en la asignatura de Métodos Ágiles, y usando las tecnologías que se presentan en la asignatura Taller de Ingeniería del Software. Este ejercicio se diseñó para permitir que el alumnado adquiriese la siguiente competencia:

Capacidad de identificar, evaluar y gestionar los riesgos potenciales asociados que puedan presentarse.

Dicha competencia se asocia al siguiente resultado de aprendizaje:

Identificar y gestionar los riesgos asociados a un ágil proceso de desarrollo.

En el diseño del ejercicio se siguió un proceso iterativo y, por tanto, se partió de un primer borrador muy simple. A través de las pruebas realizadas por parte del profesorado se fue añadiendo más complejidad y se fue mejorando el tipo de contexto que había que introducir en los *prompts* a la herramienta para obtener un mejor resultado.

El diseño de la experiencia docente se completó mediante la organización de sesiones en las que el alumnado debía completar los ejercicios. Tras las pruebas realizadas por el profesorado, se tomó la decisión de dividir la experiencia en dos sesiones que el alumnado realizó en días consecutivos dentro del horario lectivo:

- **Primera sesión.** Ejercicio individual sin ayuda de ChatGPT (duración: 1 h y 40 min).
- **Segunda sesión.** Ejercicio individual con la ayuda de la herramienta (duración: 1 h y 40 min) y evaluación de la experiencia docente (duración: 20 min).

El texto mostrado en el ejercicio anterior es el que se les entregó a los alumnos en la segunda sesión, mientras que en la primera sesión se les facilitó uno similar y se les demandó explícitamente que no usaran la herramienta ChatGPT, puesto que ese sería el objetivo de la segunda sesión.

Con la puesta en práctica de la experiencia docente se constató que el alumnado ya tenía cierta soltura en el uso de la herramienta; por ejemplo, en su práctica diaria en la búsqueda de información o en las consultas técnicas sobre programación.

Finalmente, la experiencia docente se evaluó mediante un cuestionario abierto para valorar la experiencia docente y las cuestiones técnicas, y también se incluyó el cuestionario según el modelo TAM para analizar el grado de aceptación de ChatGPT por parte del alumnado.

### 3.3. Evaluación de la experiencia

Esta evaluación de la experiencia docente planteó una serie de cuestiones abiertas organizadas en dos módulos:

- **Primer módulo.** Orientado a obtener la opinión del alumnado sobre la experiencia realizada. Los estudiantes consideraron que, en su gran mayoría, ChatGPT les resultó útil para completar el ejercicio propuesto, si bien algunos de ellos percibieron algún problema en la saturación del servidor, como ya se mencionó en la encuesta, y otros comentaron la falta de especificidad en las respuestas. En cuanto a si hubo una diferencia significativa entre la calidad de la información encontrada entre la búsqueda manual y la realizada con ChatGPT, hay disparidad de opiniones. En un tercio de los casos, aproximadamente, el alumnado muestra satisfacción con los resultados obtenidos, si bien se empiezan a detectar limitaciones, como la falta de fiabilidad («La información sacada de ChatGPT no es del todo detallada como me gustaría y, a veces, da soluciones erróneas») o la falta de especificidad según las cuestiones («La búsqueda manual fue mucho mejor en algunas preguntas, pero peor en otras; por ejemplo, en la parte de las funcionalidades»). En el caso de evaluar la confiabilidad de las respuestas obtenidas con ChatGPT, vuelven a sucederse disparidad de opiniones, puesto que, además, en

este caso, juega un papel importante el conocimiento previo del alumno. Así pues, hay testimonios a los que les ha resultado fácil darse cuenta de las respuestas erróneas («Se nota bastante cuando empieza a inventarse cosas, pero porque he hecho investigación previa en el primer ejercicio» o «Facilísimo, porque, concretando bien las preguntas, era capaz de sacar lo que quería»), mientras que a otros les ha resultado complicado («Difícil, porque no proporciona ninguna fuente y es imposible saber si la respuesta es cierta o inventada»). Estos testimonios muestran algunas de las limitaciones que tiene la herramienta, como la dependencia del conocimiento previo del usuario, así como de su anterior trabajo de investigación y de sus habilidades técnicas a la hora de introducir los *prompts*, o el hecho de no proporcionar las fuentes de las que obtiene la información y, por lo tanto, que estas no se puedan verificar. Finalmente, en algunas de las respuestas a estas preguntas también se constata que es importante que el usuario conozca el funcionamiento de la herramienta a nivel técnico (por ejemplo, «He utilizado GPT 4, por lo que se supone que tiene una alta fiabilidad»), nos muestra que el usuario confunde la fiabilidad de la herramienta con la confiabilidad de los resultados que se obtienen; que se obtenga un resultado a primera vista coherente no significa que sea cierto o que exista, puesto que se trata de una herramienta generativa). Finalmente, respecto a su aprendizaje, el alumnado valoró tres aspectos: es una herramienta útil para la obtención de información, mejora la especificidad de sus respuestas si se introducen buenas preguntas contextualizadas y es difícil determinar la confiabilidad de los resultados si no se posee experiencia previa.

- **Segundo módulo.** Centrado en evaluar la experiencia del uso de ChatGPT desde el punto de vista técnico. En este módulo, las respuestas pusieron de manifiesto las mismas ventajas y limitaciones comentadas en el módulo anterior; si bien el resultado más sorprendente fue en la cuestión de si les resultó fácil o difícil formular las preguntas en ChatGPT, a lo cual la inmensa mayoría contestó que les resultó fácil porque tenían experiencia en el uso de la herramienta y, además, la solían utilizar.

De lo que se puede deducir que el impacto que estas tecnologías van a tener en la educación ya se está produciendo y, por esta razón, es importante incorporarlas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, haciendo un uso ético y eficiente de ellas.

## 4. Análisis de la aceptación de ChatGPT

### 4.1. Metodología

Para evaluar el grado de aceptación de ChatGPT y conocer la percepción de los estudiantes sobre sus ventajas e inconvenientes, realizamos una encuesta entre los alumnos que habían participado en la experiencia docente con ChatGPT, procedentes todos ellos de grados técnicos, y ampliamos la muestra con participantes de otras titulaciones de ámbitos no técnicos.

El cuestionario se distribuyó durante el mes de marzo de 2023 a través del aula virtual de una de las asignaturas participantes en la experiencia y por medio del correo electrónico. Se recibieron 58 respuestas de estudiantes y 20 de profesores que también participaron en el análisis. La muestra estuvo compuesta en un 80,70 % por estudiantes de grados técnicos, como Ingeniería Informática y Matemática Computacional, y en un 19,30 % por estudiantes de grados de ciencias sociales y económicas, como Administración y Dirección de Empresas (ADE), el doble grado de ADE y Derecho y el grado de Psicología. La mayoría de los encuestados (61,40 %) estaban cursando el cuarto curso o algún posgrado, mientras que el 68,60 % estaban en el segundo o tercer curso del grado. La muestra estuvo mayoritariamente representada por hombres (83,60 %) debido a la presencia predominante de grados técnicos.

El cuestionario que se distribuyó fue diseñado específicamente para analizar el grado de aceptación de ChatGPT y las preguntas versaron sobre la frecuencia de uso, las tareas en las que el estudiantado solía utilizar dicha herramienta, las ventajas e inconvenientes para su aprendizaje, las percepciones sobre su utilidad y facilidad de uso, la intención de uso, la actitud hacia el uso, la satisfacción con ChatGPT y la percepción de disfrute con su utilización. Para medir cada variable, empleamos las escalas Likert, basándonos en medidas validadas en la literatura por Davis (1989). El cuadro 3 resume los ítems específicos utilizados para medir cada variable.

Cuadro 3. Medición de las variables

Variables	Ítems
Utilidad percibida	El uso de ChatGPT podría mejorar mi aprendizaje en el aula. La utilización de ChatGPT durante las clases me ha facilitado la comprensión de ciertos conceptos. Creo que ChatGPT es útil cuando se está aprendiendo. ChatGPT me ayuda a realizar las tareas más rápidamente. ChatGPT aumentaría mi productividad en el aprendizaje.
Facilidad de uso	Creo que ChatGPT es fácil de usar. Aprender a usar y manejar ChatGPT no es un problema para mí. Mi interacción con ChatGPT es clara y comprensible.
Percepción de disfrute	Creo que ChatGPT permite aprender jugando. Disfruto con el uso de ChatGPT. Aprender con ChatGPT es entretenido.
Actitud hacia el uso	El uso de ChatGPT hace que el aprendizaje sea más interesante. Aprender a través de ChatGPT me ha parecido aburrido ( <i>reverse code</i> ). Creo que el uso de ChatGPT en el aula es una buena idea.



Variables	Ítems
Intención de uso	<p>Me gustaría utilizar ChatGPT en el futuro si tuviera oportunidad.</p> <p>El uso de ChatGPT me permitiría aprender por mi cuenta.</p> <p>Me gustaría utilizar ChatGPT para aprender tanto los temas que se me han presentado como otros.</p>
Satisfacción con el uso	<p>Estoy completamente satisfecho con el uso del ChatGPT.</p> <p>Me siento seguro utilizando ChatGPT.</p> <p>Creo que ChatGPT aumentará la calidad de la enseñanza.</p> <p>Dudo en utilizar ChatGPT por miedo a cometer errores que no pueda corregir (<i>reverse code</i>).</p>

Fuente: elaboración propia.

En el siguiente apartado presentamos los principales resultados en relación con el modelo de aceptación de ChatGPT por parte de los estudiantes. Para realizar estos análisis se ha utilizado el *software* estadístico IBM SPSS 28.

## 4.2. Resultados

### A) Resultados de las percepciones del estudiantado sobre el uso de ChatGPT en sus estudios

Según los resultados de la encuesta realizada, el 87,70 % de los estudiantes admitió haber utilizado ChatGPT alguna vez. De este porcentaje, el 15,80 % dijo utilizarlo con frecuencia y el 17,70 % afirmó usarlo constantemente. Estos datos parecen indicar que, a pesar del reciente lanzamiento de esta herramienta, su uso se ha extendido en el ámbito universitario.

En cuanto al uso que los estudiantes le dan a ChatGPT (véase cuadro 4), la mayoría de los encuestados (35 %) lo utilizan como un tutor personal, lo que sugiere que lo emplean como una herramienta de aprendizaje y apoyo. La búsqueda de información es el segundo uso más común (32 %), lo que indica que los encuestados utilizan ChatGPT como una herramienta de investigación para encontrar respuestas a sus preguntas o resolver dudas específicas. También hay un porcentaje significativo de usuarios que lo utilizan por curiosidad o entretenimiento, u otros usos no relacionados con el aprendizaje (13 %), mientras que, de forma minoritaria, un 10 % lo utilizan como herramienta de apoyo para la escritura en tareas de redacción y de resumen y un 5 % también como herramienta de traducción (5%). Finalmente, un 5% de los encuestados afirmaron no haber utilizado ChatGPT.

Cuadro 4. Uso de ChatGPT en tareas académicas por parte de estudiantes universitarios

Uso de ChatGPT en tareas académicas	Porcentaje
Tutor personal.	35%
Búsqueda de información.	32%
Curiosidad, entretenimiento u otros usos.	13%
Redacción y resumen.	10%
Traducción.	5%
No lo han utilizado.	5%

Fuente: elaboración propia.

A partir de la categoría de uso de ChatGPT como tutor personal, entre las actividades que los estudiantes universitarios realizan con mayor frecuencia se encuentran las siguientes: la resolución de dudas sobre programación es la actividad más común, con un 32 %, seguida de la corrección de ejercicios y *debuggeo* de código, con un 21 %, y la ampliación de apuntes y la solicitud de explicaciones, con un 18 %. La ayuda para solucionar problemas en programación representa un 11 %, mientras que la búsqueda de información específica, la consulta de errores en código y sentencias en lenguajes de consulta a gestores de bases de datos SQL y la realización de tareas obligatorias representan el 3 % cada una. La comparación y escritura de código representan un 4 % y el aprendizaje sobre nuevos temas o campos específicos, como *big data*, un 5 %.

En relación con las ventajas e inconvenientes de ChatGPT para el aprendizaje, un 92,50 % de los encuestados manifestaron que aportaba más ventajas que inconvenientes para su aprendizaje, frente a un 7,50 % que señalaron más inconvenientes que ventajas. Respecto a las principales ventajas señaladas por los estudiantes en cuanto al uso de ChatGPT para su aprendizaje, en general, apuntaron a su rapidez y eficiencia en la obtención de información, a la personalización de su aprendizaje, a la claridad y facilidad de acceso al conocimiento, al apoyo en la realización de tareas, a la comodidad y facilidad de uso, a la optimización de los tiempos y a la mejora de la eficacia (véase cuadro 5). Muchos estudiantes destacaron su capacidad para ahorrar tiempo al proporcionar información más concisa y estructurada que los buscadores web convencionales, además de ofrecer enlaces de información útiles y traducciones coherentes. La personalización también es una ventaja, ya que el estudiante puede definir su perfil y pedir respuestas específicas y personalizadas. Finalmente, ChatGPT puede ayudar en el aprendizaje al proporcionar explicaciones claras, mostrar ejemplos y plantear nuevos puntos de vista para resolver problemas. En cuanto a los inconvenientes que señalan los estudiantes, estos se pueden ver desarrollados en el cuadro 6.

**Cuadro 5. Ventajas de ChatGPT para el alumnado**

<b>Rapidez y eficiencia</b>	Muchas respuestas señalan que ChatGPT permite obtener información rápidamente, de manera más concisa y clara que los buscadores tradicionales, lo que permite ahorrar tiempo y mejorar la productividad en el aprendizaje.
<b>Ayuda personalizada</b>	ChatGPT puede proporcionar soluciones personalizadas y específicas para resolver problemas y dudas de los estudiantes, lo que resulta útil en situaciones en las que los alumnos no encuentran la información que necesitan o cuando no comprenden un tema.
<b>Claridad y facilidad de acceso al conocimiento</b>	Los estudiantes valoran la claridad y la facilidad de acceso al conocimiento que ofrece ChatGPT, que puede explicar conceptos de forma clara y estructurada, resumir información y proporcionar enlaces útiles para profundizar en un tema.
<b>Apoyo en la realización de tareas</b>	ChatGPT puede ayudar en la realización de tareas mecánicas, en la resolución de problemas y en la generación de ideas creativas para superar bloqueos mentales.
<b>Comodidad y facilidad de uso</b>	Muchos alumnos destacan la comodidad y la facilidad de uso de ChatGPT, que permite obtener información y resolver dudas sin tener que buscar en múltiples sitios web o consultar a otros expertos.
<b>Optimización de los tiempos y mejora de la eficacia</b>	ChatGPT puede ayudar a mejorar la eficacia en el aprendizaje, permitiendo a los estudiantes profundizar en temas que les interesen y dedicar menos tiempo a tareas mecánicas o de búsqueda de información.

Fuente: elaboración propia.

**Cuadro 6. Inconvenientes de ChatGPT para el alumnado**

<b>Dependencia</b>	El uso constante de ChatGPT puede generar dependencia y hacer que no se aprendan a resolver problemas por cuenta propia.
<b>Falta de esfuerzo</b>	Si se utiliza ChatGPT para hacer trabajos, no se aprende nada ni se pone esfuerzo en el aprendizaje.
<b>Inexactitud</b>	ChatGPT puede no proporcionar información precisa o actualizada, lo que podría generar confusión.
<b>Falta de contraste</b>	El uso exclusivo de ChatGPT para buscar información puede impedir el aprendizaje de la capacidad de contrastar la información en internet.



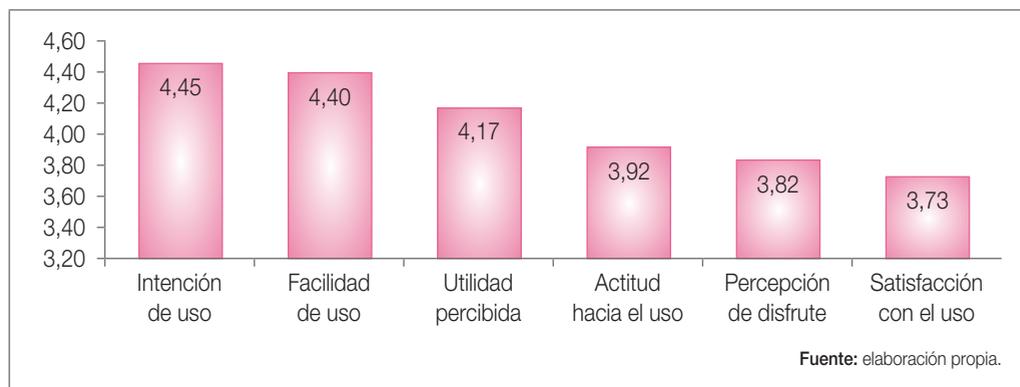


<b>Pérdida de habilidades</b>	El uso constante de ChatGPT para resolver problemas puede hacer que se pierda habilidad en la lectura y comprensión de códigos o problemas.
<b>Riesgo de información errónea</b>	ChatGPT puede dar respuestas equivocadas o confusas, lo que puede llevar a una mala comprensión de los temas.
<b>Reducción de creatividad</b>	El uso constante de ChatGPT puede limitar la creatividad y la capacidad de pensar por cuenta propia.
<b>Efecto miopía</b>	La facilidad de obtener respuestas rápidas con ChatGPT puede impedir la profundización y el análisis de los temas.

Fuente: elaboración propia.

En definitiva, aunque ChatGPT puede ser una herramienta útil para la búsqueda de información o la resolución de problemas, su uso debe ser complementario y no sustitutivo del aprendizaje activo y de la resolución de problemas por cuenta propia. Los diferentes aspectos que integran el modelo de aceptación de la herramienta ChatGPT indican que algunos de ellos alcanzaron resultados elevados. En particular, la «Intención de uso» y la «Facilidad de uso» del sistema obtuvieron puntuaciones elevadas en comparación con la «Satisfacción con el uso», que obtuvo la puntuación más baja. En la figura 7 se presentan los valores medios de cada variable de mayor a menor relevancia para los estudiantes.

Figura 7. Valores medios de las percepciones del alumnado sobre la aceptación de ChatGPT



A continuación, realizamos una valoración de los resultados de la figura 7:

- **Intención de uso ( $m = 4,45$ ).** Esta puntuación sugiere que los estudiantes tienen una alta probabilidad de seguir utilizando la herramienta ChatGPT en su apren-

dizaje en el futuro. Esto indica que los alumnos consideran que el sistema es útil y puede ayudarles a mejorar claramente su rendimiento académico.

- **Facilidad de uso ( $m = 4,40$ ).** Esta puntuación señala que los estudiantes perciben que ChatGPT es fácil de usar y no tienen mayores dificultades en aprender a utilizarlo. Esto puede aumentar su motivación para usarlo en su aprendizaje.
- **Utilidad percibida ( $m = 4,17$ ).** Esta puntuación indica que los estudiantes perciben que ChatGPT tiene un valor y una utilidad práctica para su aprendizaje. Sin embargo, puede haber algunas áreas de mejora para hacer que el sistema sea aún más útil para ellos.
- **Actitud hacia el uso ( $m = 3,92$ ).** Esta puntuación revela que los estudiantes tienen una actitud positiva hacia el uso de ChatGPT en su aprendizaje, pero puede haber algunas áreas en las que el sistema no satisfaga completamente sus expectativas.
- **Percepción de disfrute ( $m = 3,82$ ).** Esta puntuación sugiere que los estudiantes no perciben que el uso de ChatGPT en su aprendizaje sea particularmente placentero o divertido. Puede haber oportunidades para mejorar la experiencia de uso en este sentido.
- **Satisfacción con el uso ( $m = 3,73$ ).** Esta puntuación indica que los estudiantes no están completamente satisfechos con la experiencia de uso de ChatGPT en su aprendizaje. Hay áreas en las que el sistema puede mejorar para aumentar la satisfacción de los estudiantes.

Es importante tener en cuenta que estas puntuaciones son solo una indicación general de la percepción de los estudiantes y que puede haber factores adicionales a considerar para comprender completamente su perspectiva. Además, se puede utilizar esta información para mejorar el sistema y satisfacer mejor las necesidades y las expectativas de los estudiantes en su aprendizaje.

En esta parte, se analiza la relación que existe entre la «Utilidad percibida» y las variables «Disfrute», «Actitud», «Intención» y «Satisfacción» con el uso de ChatGPT. Para esto, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar las diferencias entre estas variables en función de un nivel alto o bajo de percepción de utilidad de ChatGPT. Se asignó el valor «0» al grupo con una baja percepción de utilidad y «1» al grupo con una alta percepción de utilidad, tal como se muestra en el cuadro 7. Los resultados indican que las personas que perciben una mayor utilidad en el uso de ChatGPT también tienen una mayor percepción de disfrute, actitud positiva, intención de uso y satisfacción con su uso. Esto se refleja en los valores significativos de  $F$  obtenidos a partir del análisis estadístico. En resumen, los resultados muestran que existe una relación positiva entre la «Utilidad percibida» de ChatGPT y las variables «Disfrute», «Actitud», «Intención» y «Satisfacción», lo que sugiere que aquellos que perciben la utilidad de ChatGPT son más propensos a tener una experiencia satisfactoria en su uso y están más orientados a utilizar esta herramienta.

Cuadro 7. Análisis ANOVA de la «Utilidad percibida» y el resto de variables del modelo TAM

Variables		Media	Desviación estándar	Error estándar	Mínimo	Máximo	F	Sig.
Disfrute (DISFRU)	0	3,51	0,88	0,14	1	5	12,89	< 0,001
	1	4,36	0,85	0,18	2	5		
	<b>Total</b>	<b>3,82</b>	<b>0,96</b>	<b>0,12</b>	<b>1</b>	<b>5</b>		
Actitud hacia el uso (ACTI)	0	3,54	0,75	0,12	1,67	5	33,004	< 0,001
	1	4,57	0,44	0,09	3,67	5		
	<b>Total</b>	<b>3,92</b>	<b>0,82</b>	<b>0,10</b>	<b>1,67</b>	<b>5</b>		
Intención de uso (INTEN)	0	4,20	0,60	0,09	2,34	5	22,710	< 0,001
	1	4,87	0,31	0,06	4	5		
	<b>Total</b>	<b>4,45</b>	<b>0,60</b>	<b>0,07</b>	<b>2,34</b>	<b>5</b>		
Satisfacción (SATIS)	0	3,48	0,78	0,13	1,75	5	10,115	0,002
	1	4,17	0,79	0,17	2,25	5		
	<b>Total</b>	<b>3,73</b>	<b>0,85</b>	<b>0,11</b>	<b>1,75</b>	<b>5</b>		

Nota. F (estadístico de Fisher-Snedecor con significatividad de \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ).

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la percepción de «Facilidad de uso» de ChatGPT, se observó un patrón similar. Los resultados muestran que en los grupos con mayor percepción de facilidad de uso de esta herramienta, se experimenta un mayor nivel de disfrute y satisfacción con su uso, así como una actitud más positiva y una mayor intención de uso, tal como se muestra en el cuadro 8. Estos resultados sugieren que los estudiantes aceptan ChatGPT como una herramienta útil para apoyar sus estudios y que la facilidad de uso de la herramienta contribuye positivamente a su experiencia. En conclusión, los resultados respaldan la hipótesis de que la facilidad de uso y la percepción de utilidad de ChatGPT están relacionadas con una mejor experiencia de uso y una mayor aceptación entre los estudiantes.

## B) Resultados de las percepciones del profesorado en relación con el uso de ChatGPT en sus actividades

En el caso de los docentes, el 80 % manifestó haber utilizado ChatGPT alguna vez, con un 40 % que lo usa raramente (2), un 15 % que lo usa a veces (3), un 20 % que lo usa frecuentemente (4), y un 5 % que lo usa continuamente (5).

En cuanto al uso que le dan los profesores a ChatGPT, la mayoría de los encuestados (75 %) lo utilizan en actividades de investigación, seguido de cerca por el uso en actividades docentes (60 %).

También es interesante observar que casi la mitad de los profesores que contestaron a la encuesta utiliza ChatGPT en tareas relacionadas con la gestión (45 %).

**Cuadro 8. Análisis ANOVA de la «Facilidad de uso» y el resto de variables del modelo TAM**

Variables		Media	Desviación estándar	Error estándar	Mínimo	Máximo	F	Sig.
Disfrute (DISFRU)	0	3,31	0,83	0,16	1	4,67	16,762	< 0,001
	1	4,22	0,84	0,14	2	5		
	<b>Total</b>	<b>3,82</b>	<b>0,95</b>	<b>0,12</b>	<b>1</b>	<b>5</b>		
Actitud hacia el uso (ACTI)	0	3,57	0,81	0,16	1,67	4,67	8,946	0,004
	1	4,18	0,73	0,12	2,34	5		
	<b>Total</b>	<b>3,91</b>	<b>0,82</b>	<b>0,11</b>	<b>1,67</b>	<b>5</b>		
Intención de uso (INTEN)	0	4,05	0,62	0,12	2,34	5	28,987	< 0,001
	1	4,76	0,36	0,06	4	5		
	<b>Total</b>	<b>4,45</b>	<b>0,60</b>	<b>0,07</b>	<b>2,34</b>	<b>5</b>		
Satisfacción (SATIS)	0	3,27	0,81	0,16	1,75	4,75	16,988	< 0,001
	1	4,09	0,69	0,12	2,25	5		
	<b>Total</b>	<b>3,73</b>	<b>0,84</b>	<b>0,11</b>	<b>1,75</b>	<b>5</b>		

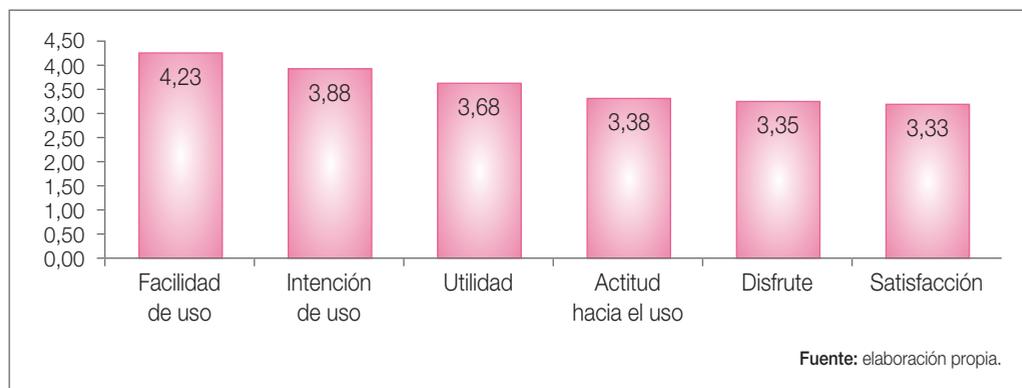
**Nota.** F (estadístico de Fisher-Snedecor con significatividad de \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ).

**Fuente:** elaboración propia.

Con respecto a las variables que conforman el modelo TAM, en la figura 8 se muestran los valores medios de dichas variables, siendo la «Facilidad de uso» y la «Intención de uso» los aspectos con valores medios más elevados.

Entre las ventajas del uso de ChatGPT, el profesorado cita la asistencia en tareas de redacción, como resumir información o redactar ejercicios, revisión de la escritura en inglés, organización de ideas y búsqueda de información.

Figura 8. Valores medios de las percepciones del profesorado sobre la aceptación de ChatGPT



Entre los inconvenientes en el uso de ChatGPT, mayoritariamente (35 % de las respuestas), los encuestados manifiestan dudas respecto a la veracidad de la información en las respuestas de ChatGPT. El 20 % ven un inconveniente en que los estudiantes utilicen ChatGPT para hacer pasar como propias las respuestas que da la herramienta, lo que se puede considerar un plagio de las respuestas de ChatGPT. Finalmente, el 20 % manifiesta el inconveniente de que los estudiantes confundan la obtención de respuestas de ChatGPT como un resultado de aprendizaje en su materia.

## 5. Conclusiones y lecciones aprendidas

En este apartado, presentamos las conclusiones y las principales lecciones aprendidas a partir de nuestra experiencia docente con ChatGPT.

### A) Sobre el diseño y la evaluación de la experiencia con ChatGPT por parte del estudiantado

Los resultados de la experiencia demuestran que ChatGPT es una herramienta que ya está siendo usada por los estudiantes en el aula y, por tanto, es responsabilidad del profesorado integrarla en los procesos de enseñanza-aprendizaje de forma eficiente y ética. El diseño de las experiencias docentes que incorporen la herramienta debe ir encaminado a la creación de nuevo conocimiento a partir de las búsquedas que permite hacer la herramienta y a su posterior análisis crítico, así como a la validación de los resultados obtenidos en función de fuentes adicionales.

Finalmente, como lecciones aprendidas, cabe mencionar que el alumnado con habilidades informáticas ve fácil y útil su uso, y es capaz de detectar que la herramienta produce resultados muy generales que puede ir definiendo de forma más precisa a medida que se introduce mejor información de contexto.

En cuanto a las limitaciones, como ya se ha mencionado, la respuesta obtenida depende del conocimiento y de la investigación previa del usuario. El principal problema que tiene la herramienta al no proporcionar sus fuentes es el de la confiabilidad. En otras áreas no informáticas, y teniendo en cuenta algunos comentarios, será necesario explicar mejor el tipo de herramienta generativa que es ChatGPT y cuál es su funcionamiento interno básico para un mejor uso por parte de los usuarios.

## B) Sobre la evaluación de la aceptación de ChatGPT por parte del estudiantado

Los resultados alcanzados muestran la diversidad de usos que el estudiantado da a ChatGPT. Si bien la mayoría lo utiliza como un tutor personal o una herramienta de búsqueda de información, también hay un porcentaje significativo de estudiantes que lo emplean por curiosidad o entretenimiento y para otros fines no relacionados con el aprendizaje. Esto sugiere que, si se integra ChatGPT en la educación, es importante tener en cuenta esta diversidad de usos y diseñar actividades que lo utilicen de manera efectiva como herramienta de apoyo al aprendizaje y no simplemente como una herramienta de respuesta automática o de entretenimiento.

La alta proporción de estudiantes que consideran que ChatGPT aporta más ventajas que inconvenientes para su aprendizaje nos indica que esta herramienta es valorada positivamente en el contexto educativo. La rapidez y la eficiencia en la obtención de información, la personalización del aprendizaje y la claridad y facilidad de acceso al conocimiento son algunas de las principales ventajas que destacan los estudiantes. Además, la capacidad de ChatGPT para ahorrar tiempo y proporcionar información estructurada y enlaces útiles también se considera una ventaja importante. Si bien reconocen las ventajas que ofrece, también son conscientes de los posibles inconvenientes que pueden surgir si se utiliza de manera inadecuada. La dependencia y la falta de esfuerzo pueden ser contraproducentes en el aprendizaje, ya que no se está desarrollando la capacidad de resolución de problemas por cuenta propia. Además, el riesgo de obtener información inexacta o errónea puede llevar a una comprensión equivocada de los temas. En resumen, ChatGPT es una herramienta útil para el aprendizaje, pero es importante utilizarla de manera complementaria y equilibrada con otras estrategias de aprendizaje activo y con la resolución de problemas por cuenta propia.

Respecto a la aceptación de ChatGPT como herramienta de apoyo al aprendizaje, los resultados señalan que la percepción de utilidad y facilidad de uso de ChatGPT están relacionadas positivamente con la experiencia de los estudiantes en su uso, lo que sugiere que aquellos que perciben estas características son más propensos a utilizar esta herramienta y tener una experiencia satisfactoria en su uso. Esto puede indicar que los estudiantes están dispuestos a utilizar tecnologías de inteligencia artificial como ChatGPT en su proceso de aprendizaje y que su uso puede tener un impacto positivo en su rendimiento académico. Es importante tener en cuenta que estos resultados se basan en la percepción de los estudiantes y que puede haber otros factores que se deban considerar para comprender completamente su perspectiva.

### C) Sobre la evaluación de la aceptación de ChatGPT por parte del profesorado

Los resultados de las encuestas muestran que, aunque actualmente el uso de ChatGPT por parte de los docentes universitarios consultados no utiliza esta herramienta masivamente (el 60 % no la ha empleado nunca o casi nunca), la mayoría está de acuerdo o muy de acuerdo con que el uso de ChatGPT les permite realizar sus tareas más rápidamente (90 %). Curiosamente, el principal uso que se da o se daría a ChatGPT es en tareas relacionadas con actividades de investigación (75 % de las respuestas), seguido por tareas relacionadas con actividades docentes (60 %). Asimismo, resulta interesante destacar que casi la mitad de los profesores utiliza, o les gustaría utilizar, ChatGPT en tareas relacionadas con actividades de gestión. En contraposición a lo anterior, solo el 40 % de los profesores universitarios está de acuerdo o muy de acuerdo con que ChatGPT permite aprender jugando y únicamente la mitad de los profesores están de acuerdo o muy de acuerdo con que aprender a través de ChatGPT es entretenido.

Los resultados con respecto a la actitud, a la intención y a la satisfacción con el uso de ChatGPT por parte de los profesores universitarios muestran que una mayoría (80 %) está de acuerdo o muy de acuerdo con utilizar ChatGPT en un futuro si tuviera oportunidad y un 75 % considera que podría ser útil para ampliar el conocimiento más allá de los temas tratados en el aula. Contrasta el bajo acuerdo (35 % está de acuerdo o totalmente de acuerdo) respecto a la sensación de seguridad percibida al usar ChatGPT. Por otro lado, el 45 % de los profesores está de acuerdo o muy de acuerdo en dudar en el uso de ChatGPT por miedo a comentar errores que no pueda corregir. En relación con las ventajas del uso de ChatPGT en las tareas académicas, aun existiendo una gran variabilidad en las respuestas, se cita con frecuencia agilizar o automatizar tareas y como herramienta de consulta o primera aproximación a un tema determinado. En el caso de las desventajas, la principal es la falta de veracidad de la información proporcionada en las respuestas, el plagio y que los alumnos confundan utilizar ChatGPT con un resultado de aprendizaje en una materia.

## Referencias bibliográficas

- Ajzen, I. y Fishbein, M. (1980). *Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior*. Prentice Hall.
- Atlas, S. (2023). *ChatGPT for Higher Education and Professional Development: A Guide to Conversational AI*. University of Rhode Island. [https://digitalcommons.uri.edu/cba\\_facpubs/548/](https://digitalcommons.uri.edu/cba_facpubs/548/)
- Baidoo-Anu, D. y Owusu Ansah, L. (2023). Education in the era of generative artificial intelligence (AI): understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. SSRN, 1-11. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4337484>
- Baker, T. y Smith, L. (2019). *Educ-AI-tion Rebooted? Exploring the Future of Artificial Intelligence in Schools and Colleges*. Nesta Foundation. [https://media.nesta.org.uk/documents/Future\\_of\\_AI\\_and\\_education\\_v5\\_WEB.pdf](https://media.nesta.org.uk/documents/Future_of_AI_and_education_v5_WEB.pdf)
- Bedregal-Alpaca, N., Cornejo-Aparicio, V., Tupacyupanqui-Jaén, D. y Flores-Silva, S. (2019). Evaluación de la percepción estudiantil en relación al uso de la plataforma Moodle desde

- la perspectiva del TAM. *Revista Chilena de Ingeniería*, 27(4), 707-718.
- Bishop, C. M. (2011). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer.
- Brookfield, S. D., Rudolph, J. y Yeo, E. (2019). The power of critical thinking in learning and teaching. An interview with Professor Stephen D. Brookfield. *Journal of Applied Learning and Teaching*, 2(2), 76-90.
- Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G. Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D., Wu, J., Winter, C., ... y Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. En H. Larochelle, M. Ranzato, R. Hadsell, M. F. Balcan y H. Lin (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems 33: Annual Conference on Neural Information Processing Systems 2020 (NeurIPS 2020)* (pp. 1.877-1.901).
- Cabero Almenara, J., Barroso Osuna, J. y Llorente Cejudo, M.<sup>a</sup> D. (2016). Technology acceptance model & realidad aumentada: estudio en desarrollo. *Revista Lasallista de Investigación*, 13(2), 18-26.
- Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H. y Järvelä, S. (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: a systematic review of research. *TechTrends*, 66, 616-630.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.
- Eaton, S. E., Mindzak, M. y Morrison, R. (2021). *The Impact of Text-Generating Technologies on Academic Integrity: AI & AI*. Canadian Association for the Study of Educational Administration (CASEA), University of Alberta.
- García Villarroel, J. J. (2021). Implicancia de la inteligencia artificial en las aulas virtuales para la educación superior. *Revista Orbis Tertius-UPAL*, 5(10), 31-52.
- Goodfellow, I., Bengio, Y. y Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Haleem, A., Javaid, M. y Singh, R. P. (2022). An era of ChatGPT as a significant futuristic support tool: a study on features, abilities, and challenges. *BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations*, 2(4), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.tbench.2023.100089>
- Islam, I. e Islam, M. N. (2023). Opportunities and challenges of ChatGPT in academia: a conceptual analysis. *Authorea*, 1-9.
- Lim, W. M., Gunasekara, A., Pallant, J. L., Pallant, J. I. y Pechenkina, E. (2023). Generative AI and the future of education: Ragnarök or reformation? A paradoxical perspective from management educators. *The International Journal of Management Education*, 21(2). <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2023.100790>
- Lim, W. M., Kumar, S., Verma, S. y Chaturvedi, R. (2022). Alexa, what do we know about conversational commerce? Insights from a systematic literature review. *Psychology and Marketing*, 39(6), 1.129-1.155.
- Lucy, L. y Bamman, D. (2021). Gender and representation bias in GPT-3 generated stories. *Proceedings of the Third Workshop on Narrative Understanding* (pp. 48-55).
- McMurtrie, B. (2022). AI and the future of undergraduate writing. *The Chronicle of Higher Education*. <https://www.chronicle.com/article/ai-and-the-future-of-undergraduate-writing>
- Morales-Chan, M. A. (2023). *Explorando el potencial de Chat GPT: una clasificación de prompts efectivos para la enseñanza*. Galileo Universidad. Tesario Virtual.
- Ng, D. T. K., Luo, W., Chan, H. M. Y. y Chu, S. K. W. (2022). Using digital story writing as a pedagogy to develop AI literacy among primary students. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100054>
- OpenAI. (s. f.). <https://help.openai.com/en/>
- Peng, H., Ma, S. y Spector, J. M. (2019). Personalized adaptive learning: an emerging pedagogical approach enabled by a smart learning environment. *Smart Learning Envi-*

- ronments, 6(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s40561-019-0089-y>
- Qadir, J. (2022). *Engineering Education in the Era of ChatGPT: Promise and Pitfalls of Generative AI for Education*. TechRxiv. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.21789434.v1>
- Ray, P. P. (2023). ChatGPT: a comprehensive review on background, applications, key challenges, bias, ethics, limitations and future scope. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 3, 121-154.
- Ríos Medina, J. de los. (2021). El valor pedagógico de Telegram como complemento del mobile learning en la formación en finanzas: aplicación práctica a un caso de estudio. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 18, 7-42. <https://doi.org/10.51302/tce.2021.567>
- Rudolph, J., Tan, S. y Tan, S. (2023). ChatGPT: bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education? *Journal of Applied Learning and Teaching*, 6(1), 342-363.
- Russell, S. y Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4.ª ed.). Pearson Education.
- Salas-Pilco, S. Z. y Yang, Y. (2022). Artificial intelligence applications in Latin American higher education: a systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), 1-20.
- Sánchez Prieto, J. C., Olmos Migueláñez, S. y García-Peñalvo, F. J. (2017). ¿Utilizarán los futuros docentes las tecnologías móviles? Validación de una propuesta de modelo TAM extendido. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 52, 1-31.
- Sharples, M. (2022). Automated essay writing: an AIED opinion. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(4), 1.119-1.126.
- Sison, A. J. G., Daza, M. T., Gozalo-Brizuela, R. y Garrido-Merchán, E. C. (2023). *ChatGPT: More than a Weapon of Mass Deception, Ethical Challenges and Responses from the Human-Centered Artificial Intelligence (HCAI) Perspective*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2304.11215>
- Susnjak, T. (2022). *ChatGPT: The End of Online Exam Integrity?* arXiv. <https://arxiv.org/abs/2212.09292>
- Tapalova, O. y Zhiyenbayeva, N. (2022). Artificial intelligence in education: AIED for personalised learning pathways. *Electronic Journal of e-Learning*, 20(5), 639-653.
- Tate, T., Doroudi, S., Ritchie, D. y Xu, Y. (2023). *Educational Research and AI-Generated Writing: Confronting the Coming Tsunami*. EdArXiv. <https://osf.io/preprints/edarxiv/4mec3>
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, LIX(236), 433-460.

**Mercedes Segarra Ciprés.** Doctora por la Universitat Jaume I (España) y profesora titular de la misma institución. Tiene reconocidos cuatro periodos de docencia (quinquenios) hasta 2022 en cursos de grado, máster y doctorado en asignaturas relacionadas con la administración de empresas, la gestión de la innovación y el emprendimiento. Ha publicado estudios de investigación en numerosas revistas.

**Reyes Grangel Seguer.** Doctora por la Universitat Jaume I (España) y profesora titular de la misma institución. Sus líneas de investigación se han desarrollado en el modelado del conocimiento empresarial, en la ingeniería dirigida por modelos aplicada al dominio de la responsabilidad social corporativa y en los métodos ágiles con el objetivo de hacer a las empresas más interoperables. Es coautora de unas 30 publicaciones.

**Óscar Belmonte Fernández.** Doctor en Ciencias Físicas por la Universitat de València (España) y profesor titular de la Universitat Jaume I (España). Sus principales líneas de investigación son el aprendizaje profundo y automático, la localización en interiores y el modelado del comportamiento humano a partir de datos de sensores. Es evaluador en revistas internacionales y ha formado parte del comité técnico de numerosos congresos.

**Contribución de autores.** M. S. C., R. G. S. y Ó. B. F. han participado a partes iguales en la elaboración de este estudio de investigación.

# ChatGPT y GPT-4: utilidades en el sector jurídico, funcionamiento, limitaciones y riesgos de los modelos fundacionales

**Francisco Julio Dosal Gómez** (autor de contacto)

*Abogado/Graduado en Derecho por la Universidad de Cantabria/LLM en Derecho Internacional de los Negocios en el Centro de Estudios Garrigues (España)*

[francisco.julio.dosal@studentsceg.com](mailto:francisco.julio.dosal@studentsceg.com) | <https://orcid.org/0009-0006-0506-5120>

**Judith Nieto Galende**

*Abogada/Doble grado en Derecho y Administración de Empresas por la Universidad Autónoma de Madrid/LLM en Derecho Internacional de los Negocios en el Centro de Estudios Garrigues (España)*

[judng6997@gmail.com](mailto:judng6997@gmail.com) | <https://orcid.org/0009-0003-8094-4449>

Este trabajo ha obtenido un **Accésit** del **Premio Estudios Financieros 2023** en la modalidad de **Educación y Nuevas Tecnologías**. El jurado ha estado compuesto por: D. Alfonso Gutiérrez Martín, D.<sup>a</sup> Verónica Marín Díaz, D. Joaquín Paredes Labra, D. Francisco Roca Rodríguez y D. Javier Manuel Valle López. Los trabajos se presentan con seudónimo y la selección se efectúa garantizando el anonimato de los autores.

## Extracto

Los sistemas de inteligencia artificial como ChatGPT, el *chatbot* de OpenAI, basado en la familia de modelos de lenguaje GPT (*generative pre-trained transformers*), así como aquellas otras soluciones basadas en esta tecnología y ajustadas para tareas específicas, han despertado un gran interés en diversos ámbitos, entre los que se incluyen el sector legal y, particularmente, el sector de la abogacía. Sin embargo, tales modelos presentan todavía importantes limitaciones y riesgos asociados a su empleo y funcionamiento, que deben ser considerados a fin de hacer un uso adecuado y jurídicamente responsable de esta tecnología. El presente trabajo tiene por objeto aproximar a los lectores (hombres y mujeres) a la configuración, a la arquitectura y al funcionamiento de estos sistemas, así como a sus funcionalidades dentro del sector jurídico, incluyendo una revisión a sus limitaciones y riesgos jurídicos asociados, con importantes implicaciones prácticas en su aplicación.

**Palabras clave:** ChatGPT; GPT-4; OpenAI; inteligencia artificial; tecnología legal; procesamiento del lenguaje natural; propiedad intelectual; protección de datos; innovación en la industria legal.

Recibido: 03-05-2023 | Aceptado: 08-09-2023 | Publicado (en avance *online*): 15-03-2024

**Cómo citar:** Dosal Gómez, F. J. y Nieto Galende, J. (2024). ChatGPT y GPT-4: utilidades en el sector jurídico, funcionamiento, limitaciones y riesgos de los modelos fundacionales. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 45-88. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.19081>

# ChatGPT and GPT-4: utilities in the legal sector, functioning, limitations and risks of foundational models

**Francisco Julio Dosal Gómez** (corresponding author)

*Abogado/Graduado en Derecho por la Universidad de Cantabria/LLM en Derecho Internacional de los Negocios en el Centro de Estudios Garrigues (España)*

[francisco.julio.dosal@studentsceg.com](mailto:francisco.julio.dosal@studentsceg.com) | <https://orcid.org/0009-0006-0506-5120>

**Judith Nieto Galende**

*Abogada/Doble grado en Derecho y Administración de Empresas por la Universidad Autónoma de Madrid/LLM en Derecho Internacional de los Negocios en el Centro de Estudios Garrigues (España)*

[judng6997@gmail.com](mailto:judng6997@gmail.com) | <https://orcid.org/0009-0003-8094-4449>

This paper has won a **Runner-up Prize in the Financial Studies 2023 Award** in the category of **Education and New Technologies**. The jury members were: Mr. Alfonso Gutiérrez Martín, Mrs. Verónica Marín Díaz, Mr. Joaquín Paredes Labra, Mr. Francisco Roca Rodríguez and Mr. Javier Manuel Valle López. The entries are submitted under a pseudonym and the selection process guarantees the anonymity of the authors.

## Abstract

Artificial intelligence systems such as ChatGPT, the OpenAI chatbot, based on the language model family GPT (generative pre-trained transformers), as well as other solutions built on this technology and fine-tuned for specific tasks, have generated considerable interest across various sectors, including the legal sector. However, such models still feature important limitations and legal risks associated to their use, which must be considered in order to make a proper and legally responsible use of this technology. This work aims to familiarize the readers (men and women) with the configuration, architecture, and functioning of these systems, as well as their functionalities in the legal sector. It includes a review of their associated legal limitations and risks, with crucial practical implications in their application.

**Keywords:** ChatGPT; GPT-4; OpenAI; artificial intelligence; legal tech; natural language processing; intellectual property; data protection; legal industry innovation.

Received: 03-05-2023 | Accepted: 08-09-2023 | Published (online preview): 15-03-2024

**Citation:** Dosal Gómez, F. J. and Nieto Galende, J. (2024). ChatGPT and GPT-4: utilities in the legal sector, functioning, limitations and risks of foundational models. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 45-88. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.19081>



## Sumario

1. Introducción
  2. Arquitectura y funcionamiento de GPT-4 y ChatGPT
  3. ChatGPT con GPT-4: tendencias en el sector jurídico y en el sector de la abogacía
  4. Limitaciones y riesgos en cuanto a su empleo en el sector jurídico
    - 4.1. Alucinaciones y sesgos
    - 4.2. Riesgos en materia de protección de datos
    - 4.3. Derechos de propiedad intelectual e industrial y bases de datos
  5. Perspectivas regulatorias a nivel comunitario: breve aproximación a las directivas por responsabilidad civil extracontractual y al reglamento de inteligencia artificial
  6. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

**Nota:** los autores del artículo declaran que todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de este estudio de investigación se han realizado de conformidad con las leyes y directrices institucionales pertinentes.

## 1. Introducción

Resulta indubitado que el concepto de «inteligencia artificial» ha evolucionado significativamente desde que John McCarthy se refiriera al problema de la inteligencia artificial como el consistente «en hacer que una máquina se comporte de un modo que se consideraría inteligente si lo hiciera un ser humano» (McCarthy *et al.*, 1955), constituyendo, en la actualidad, uno de los sectores más disruptivos y revolucionarios. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), un «sistema de inteligencia artificial es un sistema basado en máquinas que, por objetivos explícitos o implícitos, infiere, a partir de la entrada que recibe, cómo generar salidas tales como predicciones, contenidos, recomendaciones o decisiones que pueden influir en entornos físicos o virtuales, añadiendo que los distintos sistemas de inteligencia artificial varían en sus niveles de autonomía y capacidad de adaptación tras su despliegue»<sup>1</sup> (OCDE, 2019, p. 7). En palabras de Satya Nadella, CEO de Microsoft, asistimos al inicio de la edad de oro de la inteligencia artificial (World Economic Forum, 2023) y la expectación, tanto privada como pública, por estos nuevos sistemas resulta cada vez más evidente. Algunos estudios han valorado que en 2022 el tamaño del mercado mundial de inteligencia artificial ascendía a 136.550 millones de dólares, con una expansión a una tasa de crecimiento anual compuesto (*compound annual growth rate* [CAGR]) del 37,30 % entre 2023 y 2030 (Grand View Research, 2023); mientras que otros lo situaban en 2022 en 428.000 millones de dólares, con una expansión del 21,60 % entre 2023 y 2030 (Fortune Business Insights, 2023); concluyendo que el mercado de inteligencia artificial alcanzará 2.000 billones de dólares para 2030.

Entre las razones de esta rápida evolución, además de los importantes avances en los diferentes subcampos que informan esta tecnología, como el aprendizaje automático (*machine learning*) (Janiesch *et al.*, 2021), las ciencias de la computación o el crecimiento en el volumen de datos disponibles, se encuentra el desarrollo de los denominados «modelos de lenguaje extenso» (*large language model* [LLM]), los cuales han demostrado un rendimiento notable en diversas tareas de comprensión, procesamiento y generación de lenguaje natural (Brown, 2020; Chowdhery *et al.*, 2022). Los principales exponentes de los LLM actuales –como GPT-3 (Brown, 2020) o GPT-4 (Bubeck *et al.*, 2023), InstructGPT (Ouyang *et al.*, 2022), FLAN (Wei, Bosma, *et al.*, 2022), PaLM (Chowdhery *et al.*, 2022), LLaMA 1 y 2 (Touvron *et al.*, 2023), entre otros ejemplos destacables (Bai *et al.*, 2022; Zeng *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2023)–, gracias a un complejo proceso de entrenamiento y

---

<sup>1</sup> La cita textual ha sido traducida por los autores de este estudio de investigación a partir del documento original en inglés.

capacitación a través del empleo de algoritmos de aprendizaje automático y, en ocasiones, de sistemas de retroalimentación –con y sin intervención humana, en función del modelo–, codifican conocimientos globales dentro de sus parámetros (Han *et al.*, 2021; Huang y Chang, 2023). Tales modelos presentan diferentes grados de comprensión literal, contextual y sentimental de palabras, frases y textos en lenguaje natural, permitiendo la interacción natural y directa con los usuarios. A ello se añade la posibilidad de que los modelos recuperen durante su funcionamiento información empleada durante su entrenamiento, sin perjuicio de ser capaces de aprender y elaborar respuestas en entornos desconocidos –en tareas para las cuales no han sido entrenados específicamente– o a partir de un número reducido de ejemplos o indicaciones previas (Kojima *et al.*, 2022; Pu y Demberg, 2023; Wei, Bosma *et al.*, 2022).

La evolución de estos modelos se encuentra en la base del desarrollo de los sistemas de inteligencia artificial de propósito general y de los controvertidamente denominados como «modelos fundacionales» (*foundation models*) (Bommasani *et al.*, 2022), definidos como sistemas de gran magnitud que son capaces de adaptarse a una amplia variedad de propósitos diferentes –al poder realizar una amplia gama de tareas diferenciadas, como la generación de vídeo, texto e imágenes, la conversión en lenguaje lateral, la informática o la generación de códigos informáticos, incluyendo aptitudes de razonamiento lógico e inferencial, en ocasiones superiores a los humanos, lo que permite a los mismos la deducción de información implícita y la inferencia de conclusiones a través de ciertos procesos lógicos– y que pueden ser implementados como base para el desarrollo de otros sistemas de inteligencia artificial más específicos.

OpenAI, el grupo empresarial estadounidense creador de la familia de modelos de lenguaje extenso GPT (*generative pre-trained transformer*) y de diferentes soluciones basadas en esta tecnología, como el conocido sistema de *chatbot* ChatGPT (*chat generative pre-trained transformer*), ha revolucionado este sector, implementándose por un número cada vez mayor de compañías, ya directamente o a través de otras aplicaciones y servicios, incluido el empleo de aquellas soluciones de interfaces de programación de aplicaciones (*application programming interface* [API]).

Sin embargo, este conjunto diverso de tecnologías plantea, a su vez, importantes riesgos asociados que afectan a diferentes aspectos sociales, éticos, técnicos, económicos y jurídicos, muchos de los cuales son transversales a un amplio número de soluciones basadas en la inteligencia artificial. Su sistematización, dada la amplitud, complejidad y rápida evolución de este fenómeno, unida a las particularidades inherentes a cada modelo –así como a aspectos relevantes del contenido de los datos empleados en su desarrollo, capacitación y entrenamiento– obligará a analizar las circunstancias, los riesgos asociados y el régimen jurídico aplicable a cada situación de hecho por separado. A ello se añade el carácter eminentemente digital e internacional de la prestación de servicios de las empresas propietarias de los modelos, la pluralidad de sujetos y partes involucradas, los flujos de información o el contenido de la interacción por parte de los usuarios y de los resultados

proporcionados por los mismos, incluyendo el empleo particular de dichos resultados y la evolución del marco jurídico aplicable, que habrán de analizarse adecuadamente en orden a su debida implementación en el mercado.

Entre los aspectos jurídicos que han suscitado mayores preocupaciones respecto a la utilización comercial de soluciones basadas en inteligencia artificial, se incluyen aquellos relacionados con la normativa en materia de protección de datos, confidencialidad y seguridad de la información, propiedad intelectual, derechos de autor y propiedad industrial, incluyendo aspectos en materia de derecho de la competencia y competencia desleal, a los que se suman aquellos derivados del cumplimiento de la creciente normativa específica en materia de inteligencia artificial. En combinación con los anteriores se incluyen aquellas preocupaciones por su fiabilidad ante la existencia de importantes limitaciones y sesgos, incluida la posibilidad de alucinaciones y errores en los modelos, a los que se suman sus aspectos éticos y la posibilidad de su uso sin el debido control, lo que podrá derivar en importantes supuestos de responsabilidad contractual o extracontractual, incluyendo, entre otros, posibles infracciones en materia profesional o disciplinaria y que, generalmente, no estarán bajo la cobertura de seguros de responsabilidad civil.

No obstante, a pesar de sus riesgos, tales modelos continúan despertando un creciente interés en una amplia variedad de sectores, especialmente en aquellos dominados por el uso del lenguaje, como el sector jurídico, siendo cada vez mayor el número de firmas nacionales e internacionales que optan por implementar este tipo de soluciones, advirtiendo de un importante cambio de paradigma en el futuro de la profesión jurídica. El presente estudio tiene por objeto aproximar al lector a la estructura y al funcionamiento de modelos como ChatGPT y GPT-4 y a sus funcionalidades en el sector jurídico, incluyendo una revisión a las principales limitaciones y riesgos y a las propuestas más destacadas en la normativa comunitaria.

## 2. Arquitectura y funcionamiento de GPT-4 y ChatGPT

La adecuada comprensión de las funcionalidades, de las limitaciones y de los riesgos inherentes al empleo de sistemas como ChatGPT o soluciones basadas en modelos como GPT-4 obliga a realizar una primera aproximación a ciertos aspectos relativos a su entrenamiento, estructura y funcionamiento. La versión más reciente de ChatGPT se basa en GPT-4, la actual iteración de la familia de modelos de LLM multimodal de OpenAI, lanzado en marzo de 2023 y que introduce mejoras significativas en términos de rendimiento, capacidad y habilidades respecto a su predecesor GPT-3.5 (OpenAI, 2023c). A causa del panorama competitivo y de las implicaciones de seguridad de los modelos a gran escala, OpenAI no ha revelado los detalles técnicos del modelo, así como tampoco información sobre el mecanismo para la creación del conjunto de datos de entrenamiento, el *hardware* utilizado durante esta fase, el tamaño o el número de parámetros, su arquitectura u otros factores como la

inferencia o el grado de aprendizaje. Sin embargo, diversos autores suponen que las diferencias de GPT-4 frente a sus predecesores son fundamentalmente cualitativas o de escala y que no existen cambios sustanciales de diseño (Bowman, 2023).

A grandes rasgos, el modelo permite el procesamiento simultáneo de diferentes datos de entrada secuenciales por parte de los usuarios, a partir de un *prompt* de entrada redactado en lenguaje natural (Vaswani *et al.* 2017), efectuando una predicción probabilística de la secuencia, *token* por *token*, e identificando cuál será el siguiente *token* más probable, lo que le permitirá ponderar y proporcionar una respuesta de texto de salida en formato de texto o código. A partir del *prompt* de entrada y mediante el empleo de diferentes procesos de descomposición, vectorización y mecanismos como el de «autoatención», el modelo no solo asigna un contexto o significado a cada palabra de la oración, sino que pondera diferencialmente la importancia de cada uno de los elementos incluidos en la secuencia de datos de entrada, su contexto y los datos de su propia respuesta. A tal fin, el modelo ajusta su comportamiento de forma incremental a través de un sistema de decodificación autorregresiva, reajustando su predicción en base al contexto proporcionado por los *tokens* que le preceden en su propia respuesta para determinar la probabilidad de los siguientes en la generación secuencial, hasta completar la misma, lo que ocurrirá cuando las capas del transformador emitan un *token* de parada. Sin embargo, la doctrina actual carece de una comprensión clara sobre cómo funciona en realidad, cuándo y por qué falla en ocasiones, incluyendo aspectos tales como el surgimiento de habilidades emergentes (Bommasani *et al.*, 2022), no existiendo, por el momento –sin perjuicio de que haya ciertos estudios actuales en la materia (Burns *et al.*, 2022; Chan *et al.*, 2022; Elhage *et al.*, 2021; Lovering y Pavlick, 2022)–, ninguna técnica que permita comprender completamente la forma en que el modelo efectúa estas predicciones o el tipo de conocimiento, razonamiento u objetivos subyacentes del modelo cuando produce un resultado (Bowman, 2023).

Las interacciones con LLM, como GPT-4, se benefician de la claridad y de la especificidad del *prompt* empleado por el usuario (White, Fu *et al.*, 2023; White, Hays *et al.*, 2023). Aunque modelos de la familia GPT, como GPT-3 (Brown *et al.*, 2020) o GPT-4, adviertan limitaciones en actividades como la síntesis de texto, el razonamiento o la explicabilidad, incluyendo diversas tareas de procesamiento del lenguaje natural –y sin perjuicio de que otros estudios atribuyan diferentes grados de capacidad a los modelos en configuraciones de ninguna o pocas instancias (*zero-shot* y *few-shot*) (Brown *et al.*, 2020; Chalkidis, Fergadiotis, Kotitsas *et al.*, 2020; Kojima *et al.*, 2022; Wei, Bosma *et al.*, 2022)–, diversos autores señalan que su capacidad puede aumentar sustancialmente a través de razonamientos paso a paso, ya sea mediante ajuste fino (Cobbe *et al.*, 2021; Nye *et al.*, 2022; Rajani *et al.*, 2019; Zelikman *et al.*, 2022) o la generación de cadenas de pensamiento.

Según diversos estudios, la generación de cadenas de pensamiento (*chain of thoughts*) –esto es, pasos intermedios de razonamiento, al proporcionar ejemplos al modelo o la solicitud de un razonamiento «paso a paso»– mejora significativamente la capacidad de

los LLM para realizar razonamientos complejos (Kojima *et al.*, 2022; Wei, Wang *et al.*, 2022), sin perjuicio de que otros autores hayan propuesto sistemas alternativos como el de autoconsistencia (Wang *et al.*, 2023). En la elaboración de resúmenes de artículos y documentos, el empleo de un *prompting* adecuado permitirá un control preciso de las características del mismo, como su longitud (Goyal *et al.*, 2023), los temas (Bhaskar *et al.*, 2023) y el estilo (Pu y Demberg, 2023). Algunos estudios sugieren la utilidad de la elaboración de cadenas de densidad (*chain of density* [COD]) en las que se genere un resumen inicial que incorpore iterativamente elementos destacados del documento a resumir, generando un resumen mucho más denso, preciso y con menor pérdida de información (Addams *et al.*, 2023). A ello se añade la posibilidad de brindar al modelo instrucciones personalizadas, agregando preferencias o requisitos respecto a la generación de sus respuestas (OpenAI, 2023b) o la parametrización de respuestas en soluciones API, mediante la indicación a partir de parámetros como «*temperature*», «*top\_p*», «*stop*», «*best\_of*», «*n*», «*max\_token*», «*presence\_penalty*», «*frequency\_penalty*» o «*logit\_bias*», entre otros.

El preentrenamiento del modelo de transformador que sirve de base a GPT-4 se fundamenta en un sistema de aprendizaje semisupervisado que incluye una primera fase de aprendizaje no supervisado y una fase posterior de ajuste fino supervisado, afinado mediante un sistema de aprendizaje por refuerzo a partir de la retroalimentación humana (*reinforcement learning from human feedback* [RLHF]) (Fernandes *et al.*, 2023; OpenAI, 2023c; Ouyang *et al.* 2022; Touvron *et al.*, 2023).

En una primera fase, dirigida a recopilar datos de demostración y entrenar una «política» supervisada, se extrae un *prompt* del *dataset* de entrenamiento. Este *prompt* se somete a una evaluación por una persona humana, quien habrá de determinar cuál es el resultado (*output*) que representa el comportamiento más deseado, criterio que se usará para el ajuste fino supervisado (*supervised fine-tuning* [SFT]) (Zhang, Dong *et al.*, 2023). En una segunda fase, dirigida a recoger datos de comparación y entrenar un modelo de recompensa (*reward model* [RM]), se extrae nuevamente un *prompt* y diversos *outputs* calificados como deseados, a fin de clasificarlos de mejor a peor de acuerdo con el criterio de un evaluador humano. Esta información será empleada para el entrenamiento del RM, que permitirá entrenar el modelo para predecir el resultado preferido por los humanos. En una tercera fase, y con el objetivo de optimizar una «política» –esto es, la estrategia que el modelo aprendió a usar para lograr su objetivo– con respecto al modelo de recompensa, se extrae nuevamente un *prompt* al que se aplica un algoritmo de aprendizaje por refuerzo de optimización de política proximal (*proximal policy optimization* [PPO]) (Schulman *et al.*, 2017).

Así, tras la aplicación del PPO, se genera un *output* que será sometido al RM, que calculará la recompensa para el mismo, la cual será empleada a su vez para actualizar la «política» utilizando el PPO, permitiendo su retroalimentación sin intervención humana. A ello se añaden otras herramientas y sistemas de ajuste posteriores, como los modelos de recompensa basados en reglas, a fin de evitar comportamientos indeseados. El objetivo

principal del RLHF es incorporar la experiencia y el conocimiento humanos a los algoritmos de aprendizaje automático para mejorar su rendimiento y su capacidad para resolver tareas complejas.

Sin embargo, uno de los aspectos con mayores implicaciones, como veremos, se basa en el preentrenamiento de la familia de modelos GPT y, particularmente, de GPT-4, a partir del contenido del *dataset* conformado por un corpus de texto no etiquetado de cientos de miles de datos. Según la propia OpenAI, este *dataset* estaría conformado por fuentes de acceso abierto en internet, datos sujetos a licencia de terceros e información creada por usuarios y revisores humanos (OpenAI, 2023c, 2024c). Ahora bien, es importante tener en cuenta que los modelos no copian ni almacenan información de capacitación, como ocurriría con la creación de base de datos al uso, sino que aprenden de la misma, careciendo de un acceso posterior a dicha información de entrenamiento tras haber aprendido de ella. Modelos como GPT-4 aprenderían, a partir de los referidos datos, a formular asociaciones entre palabras, de forma que dicho aprendizaje ayudaría al modelo a actualizar sus parámetros, permitiéndole posteriormente predecir y generar nuevas palabras en respuesta a las solicitudes del usuario (OpenAI, 2023c, 2024c).

Aunque OpenAI no haya revelado demasiada información acerca del *dataset* de preentrenamiento de GPT-4, diversos autores plantean que el modelo pudo haber sido preentrenado con fuentes como Common Crawl, WebText2, Books1 y Books2, así como Wikipedia en inglés, conformando un total de 499.000 millones de *tokens* en 753.4 GB de contenido (Roberts, 2022; Thompson, 2022), al que se añadiría un conjunto de datos con licencia, autorizados por terceros proveedores sin identificar. Gran parte de los referidos corpus se confeccionan mediante técnicas de raspado web (*web scraping*), extrayendo y recopilando datos de forma indiscriminada de miles de páginas web, posteriormente empleadas para la capacitación de los modelos, lo que plantea, como veremos, graves riesgos jurídicos.

### 3. ChatGPT con GPT-4: tendencias en el sector jurídico y en el sector de la abogacía

La evolución experimentada en los sistemas de inteligencia artificial, especialmente de aquellos sistemas basados en el lenguaje natural, permite el desarrollo de soluciones aplicables a una amplísima variedad de actividades, incluyendo aquellas que podrían calificarse como propiamente jurídicas.

La incidencia de los sistemas de inteligencia artificial en el sector jurídico alcanza aspectos de enorme diversidad, tanto en el sector privado como en el ámbito estrictamente público. En España, el Real Decreto-Ley 6/2023, de 19 de diciembre, por el que se aprueban medidas urgentes para la ejecución del plan de recuperación, transformación y resiliencia en materia de servicio público de justicia, función pública, régimen local y mecenazgo, ha

introducido el principio de «orientación al dato» en la Administración de Justicia, previendo la incorporación de sistemas de inteligencia artificial para apoyar la función jurisdiccional.

También la Administración Tributaria, tras el empleo de sistemas informáticos de selección, obtención y tratamiento automático de la información, comienza a añadir sistemas basados en inteligencia artificial, tanto para actividades de información y asistencia (Agencia Tributaria, 2020) como, paulatinamente, para actividades de investigación frente al fraude fiscal y el blanqueo de capitales, lo que plantea importantes cuestiones sobre límites y derechos de los contribuyentes (Rincón, 2023).

Asimismo, en el ámbito laboral, se observa la creciente implementación de sistemas de inteligencia artificial en diversas tareas, desde la automatización hasta la gestión de capital humano y la supervisión del rendimiento, los procedimientos de contratación, el empleo de *cobots* y *chatbots* o el seguimiento de actividad (Moore, 2023).

Dada la amplísima variedad de funcionalidades inherentes a estos sistemas, resulta enormemente difícil concretar el impacto específico de cada uno de ellos, siendo evidente la necesidad de analizar cada caso específico por separado, considerando no solo sus ventajas, sino también sus respectivos inconvenientes, limitaciones y riesgos.

En los últimos años, los modelos de transformador (Vaswani *et al.*, 2017) han logrado resultados de vanguardia en una amplia variedad de tareas relacionadas con el lenguaje natural (Dai *et al.*, 2019; Radford *et al.*, 2019) y la comprensión discriminativa del lenguaje (Devlin *et al.*, 2019). Ahora bien, aunque el sector jurídico constituye uno de los sectores tradicionalmente más dominados por el uso del lenguaje, el lenguaje jurídico presenta características únicas, diferentes a las empleadas por el lenguaje coloquial, como términos poco comunes o inusuales, frases largas, expresiones antiguas o con significados propios a esta disciplina o que van aparejados a ciertas previsiones jurídicas (Chalkidis, Fergadiotis, Malakasiotis *et al.*, 2020; Zhong, Xiao *et al.*, 2020), hasta el punto de que diversos autores han llegado a considerarlo un sublenguaje (Tiersma, 1999; Williams, 2005). A ello se añade la elevada extensión de los textos jurídicos, más amplios que los habitualmente empleados para el entrenamiento de la mayoría de los modelos de aprendizaje profundo (Beltagy *et al.*, 2020; Chalkidis *et al.*, 2022; Hegel *et al.*, 2021; Zaheer *et al.*, 2021), existiendo ciertas dificultades en la clasificación y el etiquetado (Chalkidis, Fergadiotis, Malakasiotis *et al.*, 2020; Galgani *et al.*, 2012; Lippi *et al.*, 2019; Mencia y Furnkranzand, 2010; Nallapati y Manning, 2008; Tuggener *et al.*, 2020), lo que plantea importantes retos no solo en cuanto a la creación de *datasets* especializados, sino también para la capacitación y el ajuste de los modelos.

Desde el punto de vista técnico, numerosas investigaciones señalan el elevado potencial de los sistemas de inteligencia artificial basados en el lenguaje natural para el desarrollo de algunas actividades que podrían calificarse como de contenido propiamente jurídico (Aletras *et al.*, 2019, 2020; Ambrogi, 2023; Bommarito *et al.*, 2018; Chalkidis y Kampas, 2019; Chalkidis, Fergadiotis, Malakasiotis *et al.*, 2020; Chalkidis *et al.*, 2022; Kalson, 2022;

Perlman, 2023; Zhong, Xiao *et al.* 2020). Centrándonos en aquellas funcionalidades que podrían resultar de utilidad en la práctica jurídica, se incluyen, entre una amplísima variedad de aplicaciones, y de forma no exhaustiva, aquellas relacionadas con la búsqueda y la síntesis de jurisprudencia (Bhattacharya *et al.*, 2019, 2021; Jackson *et al.*, 2003; Locke y Zuccon, 2022; Tran *et al.*, 2019); la extracción de información de contratos (Chalkidis *et al.*, 2017, 2018, 2019; Hendrycks *et al.* 2021), incluyendo la identificación de riesgos respecto a su clausulado (Chalkidis *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2020; Gao *et al.*, 2012; Hendrycks, D. *et al.*, 2021; Leivaditi *et al.*, 2020; Lippi *et al.*, 2019); anonimización de documentos, permitiendo ocultar o reemplazar caracteres en documentos para reducir riesgos de localizar a personas o utilizar sus datos de manera fraudulenta; la minería de texto, para identificar nuevas tecnologías y medir la novedad de las patentes en el momento de su presentación, así como el impacto de estas nuevas tecnologías en la innovación posterior (Arts *et al.*, 2021); la preparación de juicios, vistas, interrogatorios y otras fases de prueba (Zhong, Wang *et al.*, 2020), incluyendo las actividades de descubrimiento o *e-discovery*; y la redacción de contratos, acuerdos u otros escritos. A las anteriores, se añaden las actividades de resolución de consultas jurídicas específicas (Kien *et al.* 2020; Navarro, 2023) –así en materia de políticas de privacidad (Ravichander *et al.*, 2019)–, la redacción de borradores o contratos, u otras funciones, como la traducción de documentos, la automatización de tareas repetitivas, la creación de *chatbots* basados en esta tecnología o, incluso, el desarrollo de *smart contracts*.

Un importante número de estudios se centra en el ajuste para la predicción de resultados de un procedimiento judicial o administrativo a través de diferentes fórmulas (Ferro *et al.* 2019; Medvedeva *et al.*, 2018, 2020). Entre las principales líneas de investigación, se encuentran aquellas centradas en la identificación de violaciones de derechos humanos (Aletras *et al.*, 2016; Chalkidis *et al.*, 2019); la predicción, en procedimientos penales chinos, de cargos penales, artículos aplicables y la duración de la pena (Hu *et al.*, 2017; Long *et al.*, 2019; Luo *et al.*, 2017; Xiao *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2019; Zhong *et al.*, 2018); o la predicción de resultados de casos ante el Tribunal Supremo de Alemania (Urchs *et al.*, 2021), Estados Unidos (Katz *et al.*, 2017; Kaufman *et al.*, 2019; Ruger *et al.*, 2004), Francia (Şulea *et al.*, 2017), Filipinas (Virtucion *et al.*, 2018), Reino Unido (Strickson y De la Iglesia, 2020), Suiza (Niklaus *et al.*, 2021), Turquía (Mumcuoğlu *et al.*, 2021), Tailandia (Kowsrihawat *et al.*, 2018), entre otros, existiendo, igualmente, investigaciones destinadas a interpretar las decisiones judiciales (Branting *et al.*, 2021; Chalkidis *et al.*, 2021; Ye *et al.*, 2018).

No obstante, conviene tener presente que un importante número de funcionalidades anteriores se encuentran todavía sujetas a importantes limitaciones técnicas, además de estar condicionadas a los pertinentes ajustes. En este sentido, algunos autores señalan que ChatGPT y otros sistemas de inteligencia artificial generativa tendrán, al menos a corto o medio plazo, un efecto limitado en el modelo de servicios legales (Adams, 2022; Bacas, 2022; Sellick, 2022). La propia OpenAI señala en sus políticas de uso de 10 de enero de 2024 que los usuarios no deben emplear los modelos para brindar asesoramiento jurídico sin que un profesional con la debida cualificación revise la información. Aun en tal caso, también señala la necesidad de advertir del uso de la asistencia de inteligencia artificial y de sus

posibles limitaciones. Asimismo, señala explícitamente que los modelos no están ajustados para ofrecer asesoramiento jurídico y que el usuario no debe confiar en los mismos como única fuente de asesoramiento legal OpenAI (2023a, 2024b).

Aunque resulte difícil anticipar de qué modo las soluciones basadas en modelos como GPT-4 y otros sistemas de inteligencia artificial generativa afectarán a la profesión jurídica y, particularmente, al sector de la abogacía, diversos informes, como el realizado por Accenture (2021) respecto a la distribución del tiempo de trabajo en el sector legal y el posible impacto de la inteligencia artificial, señalan que el 33 % de las actividades cuentan con un alto potencial de automatización, mientras que otros, como el de Goldman Sach, estiman que el 44 % de las tareas podrán ser automatizadas con inteligencia artificial (Hatzius *et al.*, 2023).

En la práctica, firmas como Allen & Overy (2023) o PwC (2023) han comenzado a implementar soluciones como Harvey –el sistema de inteligencia artificial generativa basado en GPT-4 y ajustado con datos específicos del sector legal– para el desarrollo de diversas funciones, a los que se sumaría recientemente Cuatrecasas con su modelo personalizado basado en Harvey, denominado Cuatrecasas Expert Legal IA (CellA) (Cuatrecasas, 2023; Expert.AI, 2023; Sánchez Aristi *et al.*, 2023), lo que advierte de un posible cambio de paradigma en nuestra concepción de la profesión jurídica.

## 4. Limitaciones y riesgos en cuanto a su empleo en el sector jurídico

La implementación de sistemas de inteligencia artificial en el sector jurídico, incluyendo aquellas soluciones de inteligencia artificial generativa, como ChatGPT, o soluciones API basadas en modelos de la familia GPT, como GPT-4, obligará a tener en cuenta sus limitaciones y la posibilidad de alucinaciones y sesgos, así como sus riesgos, entre los que destacan aquellos aspectos relacionados con la protección de datos y la confidencialidad, la protección de derechos de propiedad intelectual e industrial y los derechos de autor. Además, habrá que tener en cuenta otros riesgos asociados, entre los que cabe citar, de forma no exhaustiva, aquellos derivados de la aplicación de la normativa en materia de publicidad o de competencia desleal o las posibles implicaciones éticas y deontológicas de su implementación.

### 4.1. Alucinaciones y sesgos

A pesar de los avances en el campo de los LLM, los diferentes modelos inspirados en esta tecnología, incluidos aquellos más avanzados, como GPT-4 (Bubeck *et al.*, 2023), continúan experimentando importantes limitaciones, entre las que se incluye la existencia de sesgos o la manifestación de alucinaciones, siendo tales aspectos y la falta de fiabilidad

algunas de las principales preocupaciones a abordar por parte las diferentes iniciativas regulatorias en curso (Cath *et al.*, 2018), así como por los principales estándares en el sector (IEEE, 2017; OCDE, 2019).

En el contexto de modelos, los «sesgos» se definen como la presencia de inexactitudes sistémicas, errores de atribución o distorsiones de hechos que dan lugar a que se favorezca a determinados grupos o ideas, a que se perpetúen estereotipos o a que se formulen suposiciones incorrectas basadas en patrones aprendidos (Ferrara, 2023). Entre los principales tipos y causas, distinguimos sesgos demográficos, raciales, culturales, de género, de edad, religiosos o socioeconómicos –cuando en los datos de entrenamiento existe sobrerrepresentación o subrepresentación de ciertos grupos demográficos, conduciendo al modelo a exhibir comportamientos sesgados o a perpetuar o reforzar tales estereotipos y prejuicios hacia los mismos–; sesgos lingüísticos –cuando los datos de entrenamiento se presentan mayoritariamente en un idioma, de forma que el modelo presenta un rendimiento sustancialmente diferenciado en detrimento de otros idiomas–; sesgos temporales –cuando los modelos, al estar restringidos a un periodo de tiempo determinado, conducen al mismo a una limitada comprensión de contextos históricos, a la sobrerrepresentación de ciertos hechos o a la expresión de información obsoleta–, así como sesgos de confirmación, ideológicos o políticos –cuando, a partir de los datos de entrenamiento, los modelos proporcionan salidas que refuerzan ciertas perspectivas específicas– (Ferrara, 2023). Un ejemplo de sesgo en modelos dirigidos a asistir en tareas jurídicas podría darse cuando el modelo asociara inadvertidamente ciertos aspectos legales con particulares factores demográficos, perpetuando estereotipos y potencialmente influyendo en las decisiones de los profesionales del derecho que emplearan estos sistemas. A reforzar y propagar los referidos sesgos contribuyen, además, ciertas aptitudes, como la generalización e inferencia, la aparición de capacidades emergentes o las propias actividades de corrección de los modelos por revisores humanos, las cuales también deberán ser supervisadas, pues podrían dar lugar a la aparición de nuevos sesgos.

Respecto a la detección y mitigación de sesgos, entre las principales medidas técnicas adoptadas se encuentra la curación y anotación de datos de entrenamiento, a fin de contar con datos de alta calidad y diversidad que permitan identificar y corregir algunos de los sesgos más importantes y la reducción de su influencia. Asimismo, el adecuado control y guiado durante las fases SFT y RLHF, en conjunción con una mejora en los mecanismos de evaluación y corrección de los modelos y del empleo de sistemas de recompensa basados en reglas, contribuyen a esta reducción y mitigación de sesgos. Sin embargo, aunque el empleo de datos de alta calidad y de los enfoques de intervención humana puedan ayudar a esta mitigación, resulta esencial reconocer las limitaciones existentes, incluyendo, especialmente, las relativas a la imposibilidad de eliminar la existencia de sesgos por completo. Uno de los aspectos más problemáticos a este respecto se centra, curiosamente, en la existencia de los propios sesgos humanos en la interpretación de los resultados, cuando los usuarios aceptan, bien por un exceso de confianza en los modelos o por falta de la adecuada supervisión, los resultados ofrecidos por los mismos.

La elevada coherencia de GPT-4 y la posibilidad de generar contenidos de forma más convincente y creíble que los modelos GPT anteriores –por ejemplo, debido al tono autoritario o a la presentación de información de forma aparentemente detallada– refuerzan su capacidad persuasiva y la atribución a los mismos de un «principio de autoridad», lo que aumenta significativamente el riesgo de exceso de confianza en que los resultados ofrecidos por los mismos son ciertos e inamovibles (OpenAI, 2023c). Es por ello que los proveedores que implementen este tipo de tecnologías en sus procesos productivos deberán garantizar la adecuada capacitación de su personal sobre la existencia de sesgos, su identificación y las limitaciones de los modelos, estableciendo un régimen adecuado de políticas de uso, cumplimiento y supervisión humana de los resultados, a fin de proporcionar retroalimentación al sistema y evitar el empleo de salidas sesgadas que pudieran derivar en posibles responsabilidades frente a terceros.

Deberá garantizarse que los datos utilizados para el desarrollo, la capacitación y el ajuste de los modelos cuenten con suficiente representatividad y diversidad, abordando el empleo de estos sistemas con un adecuado grado de transparencia sobre metodologías, fuentes de datos y limitaciones del modelo con el objetivo de permitir que los usuarios cuenten con una adecuada comprensión de los factores que puedan llegar a influir en las predicciones y decisiones de los mismos. Asimismo, resultará conveniente el establecimiento de marcos contractuales adecuados que determinen mecanismos de control, auditoría y evaluación de los modelos (Raji *et al.*, 2020), incluyendo, por ejemplo, la evaluación del rendimiento a partir de métricas de equidad y fiabilidad, o el empleo de técnicas de eliminación de sesgo algorítmico (Bender y Friedman, 2018; Dev y Phillips, 2019; Zhang *et al.*, 2018).

Por otra parte, los modelos pueden manifestar «alucinaciones», definidas como la generación de textos o respuestas que, a pesar de mantener un cierto grado de corrección gramatical, fluidez o apariencia de autenticidad, se desvían o entran en conflicto con el contenido de la fuente (alucinaciones intrínsecas, de factualidad o veracidad) (Lin *et al.*, 2022; Maynez *et al.* 2020), aunque se apoyara en otros supuestos (George y Stuhlmüller, 2023), o bien cuando, ante la falta de alineación factual, no pueden ser verificados a partir del contenido de una fuente (alucinaciones extrínsecas o de fidelidad) (Bruno *et al.* 2023; Guan *et al.*, 2023; Huang *et al.*, 2023; Ji *et al.*, 2023). Las primeras se proyectan, entre otros, a través de inconsistencias factuales, cuando el modelo expresa hechos que, aun pudiendo fundamentarse en información real, presentan contradicciones o errores; o bien a través de la creación o fabricación factual, cuando este expresa información no verificable frente a un conocimiento real establecido (Huang *et al.*, 2023). Por su parte, las alucinaciones de fidelidad tienen lugar cuando el modelo exhibe contradicciones o inconsistencias, desviándose respecto a las instrucciones del usuario o del contexto proporcionado por el mismo (Adlakha *et al.*, 2023; Cao *et al.*, 2017; Liu, Iter *et al.*, 2023; Min *et al.*, 2023); o bien en su razonamiento interno, exhibiendo contradicciones lógicas, observadas con frecuencia en tareas de razonamiento o explicabilidad. Así, por ejemplo, al solicitar al modelo la cita de precedentes relacionados con un caso concreto o la elaboración del resumen de una

sentencia, las alucinaciones factuales podrían proyectarse, por ejemplo, en la distorsión de la información presente en su contenido, la fabricación de hechos o la manifestación de errores en la referencia de los precedentes, su completa fabricación o la expresión de información no atribuible a los mismos; mientras que las alucinaciones de fidelidad podrían traducirse en la desviación respecto a las instrucciones proporcionadas por el usuario.

Las alucinaciones responden a diferentes causas, sistematizadas conforme a diferentes criterios (Huang *et al.*, 2023). Aquellas que están relacionadas con datos derivan principalmente del empleo de fuentes de datos defectuosas –por incluir sesgos, errores o desinformación (Lin *et al.*, 2022), lo que puede conducir a falsedades imitativas que amplifiquen inadvertidamente inexactitudes o resultados engañosos, o bien a posibles sesgos de duplicación (Lee *et al.*, 2022) u otros sesgos sociales– y conocimientos limitados (Onoe *et al.*, 2022), incluyendo la utilización deficiente de tales datos, como ocurre en ocasiones ante el empleo de atajos (Kandpal *et al.*, 2023; Kang y Choi, 2023; Li *et al.*, 2022) y fallos en la recuperación de conocimientos (Zheng, 2023; Liu, Lin *et al.*, 2023; Mallen *et al.*, 2023).

Las limitaciones de conocimiento se hacen evidentes cuando los modelos se enfrentan a problemas en dominios especializados, como preguntas médicas (Li *et al.*, 2023; Singhal *et al.*, 2023) o jurídicas (Katz *et al.*, 2023; Yu *et al.*, 2022), resultando frecuente que, en tales casos, los modelos manifiesten alucinaciones pronunciadas, a menudo bajo la forma de creaciones factuales o la expresión de información desactualizada.

Por otra parte, durante las etapas de preentrenamiento, la existencia de defectos en la arquitectura del modelo como una representación unidireccional inadecuada –que dificulte su capacidad para captar dependencias contextuales– o las limitaciones en los módulos de atención, a efectos del razonamiento algorítmico, aumentarán el riesgo de alucinaciones.

Asimismo, se ha constatado que los sesgos de exposición durante el entrenamiento contribuyen a la aparición de alucinaciones y errores en cascada (Zhang, Press *et al.*, 2023). Aunque el alineamiento es crucial para mejorar las capacidades de los LLM, también introduce el riesgo de alucinaciones en los casos de desajuste de capacidades o creencias (Huang *et al.*, 2023), así como por las deficiencias en las estrategias de decodificación a causa de la excesiva aleatoriedad en el muestreo o la insuficiente atención al contexto (Chen *et al.*, 2022), incluyendo la excesiva dependencia del contenido de proximidad y que podrán limitar las probabilidades de salida (McKenna *et al.*, 2023).

Aunque GPT-4 cuente con mecanismos más desarrollados para prevenir la aparición de alucinaciones que sus predecesores (OpenAI, 2023c), la posibilidad de su manifestación continúa siendo una de las principales preocupaciones respecto a su fiabilidad (Huang *et al.*, 2023), particularmente en sectores especializados como el jurídico, en los que la fiabilidad resulta fundamental. Más aún, la posibilidad de que tales errores y alucinaciones puedan entremezclarse con información en apariencia correcta contribuye a dificultar su identificación (Bubeck *et al.*, 2023).

Como ya adelantamos, la mayor capacidad de persuasión y coherencia de modelos como GPT-4 frente a sus predecesores (OpenAI, 2023c) conduce al agravamiento del precitado sesgo por exceso de confianza, lo que redundará en una menor comprobación o verificación, por parte de los usuarios, de la veracidad de las respuestas proporcionadas por los modelos y, en consecuencia, en un mayor grado de indetección de alucinaciones. Esta potencial confianza acrítica dará lugar a situaciones de espejismo cognitivo (*cognitive mirage*), contribuyendo a la adopción de decisiones equivocadas y a una cascada de consecuencias no deseadas (Ye *et al.*, 2023; Zhang, Li *et al.*, 2023) y que, desde el punto de vista de su implementación en el campo jurídico, podrán conducir, en última instancia, a supuestos de responsabilidad frente a terceros, así como a posibles responsabilidades deontológicas. En Estados Unidos, en el asunto Mata versus Avianca, Inc., varios abogados de la firma Levidow & Oberman fueron sancionados por mala fe y negligencia tras el empleo de jurisprudencia falsa creada por ChatGPT (CBS News, 2023; Merken, 2023). En otro asunto, Brantley Starr, el juez del distrito norte de Texas ordenó que los abogados se comprometieran a no utilizar ChatGPT u otra tecnología de inteligencia artificial generativa para escribir informes legales y ello ante la posibilidad de que la citada tecnología pudiera inventar hechos (Cerullo, 2023b); fundamentación que se apoyaría en otro asunto anterior, por el que un abogado preparó un informe que presentó ante el juez, el cual estaba basado en una investigación realizada por ChatGPT (Cerullo, 2023a).

A nivel técnico, existen diferentes estudios relacionados con la detección y mitigación de los efectos de las alucinaciones. Entre las principales estrategias de detección, se encuentran aquellas relativas a la recuperación de datos externos y a la recopilación de evidencias, comparando el contenido generado por el modelo con fuentes de conocimiento confiables y que, sin perjuicio de sus limitaciones (Guo *et al.*, 2022), actuarán como sistemas de verificación, fomentando un mayor grado de explicabilidad de los resultados. Otras estrategias se orientan, en cambio, a la estimación del grado de incertidumbre del contenido factual generado por el modelo a partir de los estados internos del LLM, con métricas como la probabilidad mínima de *tokens* o la entropía, o bien mediante sistemas de auto-evaluación. La detección de alucinaciones de fidelidad se enfoca en garantizar el correcto alineamiento del contenido generado a partir del contexto dado, a fin de evitar, por ejemplo, respuestas irrelevantes o contradictorias, empleando métricas basadas en hechos, clasificadores, sistemas de preguntas y respuestas o de estimación de incertidumbre, así como enfoques basados en indicaciones. Por otra parte, frente a las alucinaciones relacionadas con los datos de entrenamiento, destacan las estrategias para abordar sesgos, información errónea y lagunas, incluyendo la importancia de mantener la corrección fáctica de los datos y de eliminar duplicaciones y sesgos sociales. Frente a las alucinaciones derivadas de limitaciones de conocimiento, además de un adecuado control sobre el procedimiento de ajuste, destaca la exploración de enfoques –como la edición de conocimiento, que busca corregir el comportamiento del modelo mediante la incorporación de información adicional– y la generación aumentada por recuperación (Savelka *et al.*, 2023). Frente a las alucinaciones derivadas del entrenamiento de los modelos, se exploran soluciones dirigidas a abordar las limitaciones en su arquitectura y los errores durante la fase de atención, la mejora en las

estrategias de entrenamiento y la limitación del sesgo de exposición. Finalmente, respecto a la mitigación de alucinaciones relacionadas con el desalineamiento, se exploran estrategias como el muestreo del núcleo factual, intervención en tiempo de inferencia, así como estrategias avanzadas para refinar el proceso de decodificación y mejorar la factibilidad y fidelidad de los resultados generados.

No obstante, y sin perjuicio de los importantes avances técnicos en la detección y mitigación de alucinaciones, de sesgos y de otros errores, el uso responsable y cauto de modelos como ChatGPT u otros basados en la familia GPT, consistente en contrastar y verificar los resultados ofrecidos por los modelos, especialmente en el sector jurídico, continúa siendo un principio general que ha de inspirar las políticas internas que se estipulen sobre su uso.

## 4.2. Riesgos en materia de protección de datos

El desarrollo e implementación de sistemas de inteligencia artificial como ChatGPT, así como de aquellas soluciones basadas en modelos como GPT-4, plantea importantes retos y cuestiones en materia de cumplimiento normativo y, particularmente, en materia de protección de datos. El análisis y la evaluación de los riesgos asociados conforme a la normativa de protección de datos europea, destacando el Reglamento 2016/679, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos (RGPD), constituye una tarea de enorme complejidad, dada no solo la pluralidad de fases, particularidades y riesgos inherentes a cada una de las etapas que integran el ciclo de vida de un sistema de inteligencia artificial determinado (De Silva y Alahakoon, 2021) –durante las fases de entrenamiento, validación, despliegue, explotación, inferencia, decisión y ajuste del modelo, así como posibles transmisiones a terceros, en función de las características y de la solución particular ante la que nos encontremos (Agencia Española de Protección de Datos [AEPD], 2020)–, sino también las características propias de cada sistema o solución de inteligencia artificial específica, lo que dificulta sustancialmente su concreción, obligando a adoptar un enfoque holístico, responsable y orientado al riesgo y a tener presente, de forma permanente, si las diferentes actividades ante las que nos encontremos conllevan o no una actividad de tratamiento de datos personales o si, en su caso, forman parte de un tratamiento más amplio.

A tal fin, deberán tenerse en cuenta una amplia variedad de aspectos relacionados con el diseño, la configuración, la capacitación, el funcionamiento y la explotación del modelo; el contexto y la específica función que el mismo vaya a desempeñar –debiendo tener en cuenta, por ejemplo, si el mismo será o no empleado en la toma de decisiones automatizadas o en la elaboración de perfiles–, a los que habrán de añadirse otros elementos, como las particularidades inherentes a la interacción de los usuarios con el sistema o las políticas de privacidad y condiciones contractuales y de servicio de sus proveedores, entre otros múltiples aspectos.

Asimismo, respecto a las actividades de tratamiento, deberá prestarse especial atención, entre otros, a los aspectos relacionados con la legitimación para dicho tratamiento, a los sujetos intervinientes y a los flujos de datos, a las particulares obligaciones en materia de información y transparencia, a las garantías en cuanto al ejercicio de derechos y seguridad, a las transferencias internacionales de datos, a la evaluación de impacto y al análisis de la proporcionalidad del tratamiento, incluyendo, cada vez más, el análisis del marco de tratamiento a partir no solo de la normativa en materia de protección de datos y de los derechos y valores sociales consagrados en la carta de la Unión Europea, en los tratados de la Unión Europea y en las constituciones nacionales, sino también de principios éticos, como los de autonomía, prevención de daños, equidad y explicabilidad (AEPD, 2020; Sartor, 2020).

Las actividades de preentrenamiento de los modelos de la familia GPT, incluido GPT-4, se efectúan en gran medida a partir del *dataset* conformado por vastos corpus de texto escrito procedente de diferentes fuentes (OpenAI, 2023c), como Common Crawl, WebText2, Books1 y Books2 o Wikipedia. La propia actividad de *web scraping* de los cientos de miles de webs de las que se extrae la información que integra los referidos corpus, cuando las mismas contengan datos personales—así como, en su caso, las posibles actividades de preprocesamiento de información, tratamiento de datos no estructurados, limpieza, balanceo, selección, transformación, partición del conjunto de datos para verificación e información de trazabilidad o de auditoría—, se calificarán como actividades de tratamiento, a efectos de la normativa en materia de protección de datos, lo que exigirá que las mismas reúnan los requisitos de legitimación previstos por la normativa, así como el respeto a los principios relativos al tratamiento, estableciendo las salvaguardias técnicas y organizativas necesarias para proteger y gestionar dichos datos personales.

No obstante, aunque los datos personales hubieran sido obtenidos de una fuente públicamente accesible, ello no serviría, por sí mismo, como base jurídica para el tratamiento, no solo ante la inexistencia de un concepto legal de «fuentes accesibles al público» (AEPD, 2018, 2021a, 2021b, 2023a), sino por la prevalencia del consentimiento específico como base jurídica del tratamiento, de forma que dicha accesibilidad pública operaría simplemente como un elemento más en la ponderación del interés legítimo, siendo necesario que concurra alguna de las causas legitimadoras del artículo 6 del RGPD.

OpenAI reconoce la inclusión de información personal entre los datos de capacitación de sus modelos a partir de los referidos corpus (OpenAI, 2023c, 2024c), señalando que los datos personales incluidos en las interacciones de los usuarios durante la utilización de los servicios—y, por tanto, en el contenido de las entradas o *prompts*, cargas de archivos o comentarios—, así como la información de cuentas, comunicaciones y redes sociales, eventos y encuestas; información técnica de registro, uso, dispositivo y *cookies* cuando el usuario visita la página web y utiliza o interactúa con los servicios (OpenAI, 2023c, 2023d, 2023e), incluyendo la información disponible públicamente en internet o proporcionada por terceros, podrá ser empleada para proporcionar, mantener, mejorar y desarrollar los servicios de OpenAI, entre los que se integran los modelos GPT, como GPT-4, y las aplicaciones como ChatGPT.

Asimismo, tales datos podrán ser empleados por OpenAI para comunicarse con el usuario y para cumplir con las obligaciones legales y proteger los derechos, la privacidad, la seguridad o la propiedad de los usuarios, de sus afiliados o de cualquier tercero.

A pesar de que, desde el 15 de febrero de 2024, el tratamiento de datos personales de usuarios residentes en el Espacio Económico Europeo y Suiza sea llevado a cabo por la filial irlandesa OpenAI Ireland Limited, la propia OpenAI advierte de la transferencia internacional de datos personales fuera del Espacio Económico Europeo para los fines descritos en su política de privacidad<sup>2</sup>, basándose en las decisiones de adecuación de la Comisión Europea sobre determinados países y, en el caso de otras jurisdicciones, en las Cláusulas Contractuales Tipo aprobadas por la Comisión Europea y en las Adendas aplicables a cada país (OpenAI, 2023e). Todo ello sin perjuicio de las previsiones contenidas en materia de privacidad empresarial, circunscrita exclusivamente a la utilización de sus modelos comerciales –ChatGPT Team, ChatGPT Enterprise y la plataforma API–, por las que OpenAI señala que los datos introducidos durante la utilización de estos modelos no serán empleados con finalidades de capacitación, añadiendo que los usuarios de la versión ChatGPT Enterprise podrán controlar la duración de conservación de dichos datos. A este respecto, OpenAI señala que cualquier conversación eliminada durante la utilización de ChatGPT Enterprise será eliminada de sus sistemas dentro de los 30 días siguientes, a menos que estuviera obligada legalmente a conservarla. La misma previsión se estipula respecto al uso de servicios API, sin perjuicio de que esté permitido el acceso a dicha información para fines de investigación de posibles abusos de la plataforma y cumplimiento legal, incluyendo a terceros contratistas externos especializados, sujetos a obligaciones de confidencialidad y seguridad, para dicha finalidad (OpenAI, 2024a).

Centrándonos en el tratamiento de datos personales, entre las bases jurídicas de tratamiento especificadas por OpenAI se incluyen las relativas al consentimiento, la ejecución de la relación contractual, la protección de los intereses legítimos o el cumplimiento de las obligaciones legales, entre otros, en función de la actividad específica. Ahora bien, incluso admitiéndose la existencia de una base jurídica, ello no habilitará al uso de los datos para cualquier propósito y en todo momento, sino que deberá restringirse a fines determinados, legítimos e identificados, evitando su tratamiento de manera incompatible.

---

<sup>2</sup> Respecto a las transferencias internacionales, OpenAI señala que, en cumplimiento de la política de privacidad, dichas transferencias se llevarán a cabo basándose en las decisiones de adecuación de la Comisión Europea en ciertos países y, para otras jurisdicciones, en las cláusulas contractuales estándar aprobadas por la Comisión Europea, en línea con el artículo 46.2 del RGPD, como las incluidas en la Decisión de Ejecución (UE) 2021/914 de la Comisión de 4 de junio de 2021. Teniendo en cuenta que los datos personales se procesarán y almacenarán en las instalaciones y servidores de OpenAI en Estados Unidos, la adopción de cláusulas contractuales tipo para la transferencia de datos personales a terceros países constituye una medida apropiada siempre que OpenAI pueda cumplir con su contenido, y ello ante la ausencia de garantías equivalentes a las europeas en la regulación estadounidense, como se concluyó en Sentencia del Tribunal de Justicia (Gran Sala) de 16 de julio de 2020, Comisaria de Protección de Datos versus Facebook Irlanda y Maximilian Schrems (Schrems II), C-311/18 (Jelinek, 2020).

Los interesados cuyos datos sean tratados deberán ser conscientes de cómo van a utilizarse, en consonancia con los principios de información y transparencia; debiendo depurarse, conforme al principio de minimización, toda la información no estrictamente necesaria para el entrenamiento de los modelos, eliminando el resto, a menos que se justifique la necesidad de mantenerlos para el refinado o evaluación del sistema, o se justifique la necesidad y legitimidad de mantenerlos para otras finalidades compatibles.

Más aún, la invocación del interés legítimo como base jurídica, reclamará del responsable un mayor grado de compromiso, formalidad y competencia, así como una cuidadosa evaluación de que los intereses legítimos prevalecen sobre el posible impacto de los derechos, las libertades y los intereses de los interesados. Respecto a tales casos, además, deberán ponderarse las eventuales medidas compensatorias derivadas de mantener el tratamiento bajo supervisión continua; el grado de responsabilidad proactiva; la incorporación de medidas de privacidad o la aplicación de buenas prácticas, como la de posibilitar la opción de *opt-out* a los interesados (AEPD, 2020). El responsable deberá demostrar a las autoridades que el impacto de este tratamiento no es tan significativo como para impedir el mismo sobre esa base, debiendo quedar documentado todo este proceso de análisis y toma de decisión en cumplimiento del principio de responsabilidad (*accountability*). Con todo, aun cuando el tratamiento se fundamente en el interés legítimo –y, por tanto, no sea necesario recabar el consentimiento del interesado–, las obligaciones de información previstas en los artículos 13 y 14 del RGPD continuarán aplicándose.

A los riesgos anteriores se suman aquellos otros derivados de las actividades de despliegue –cuando la solución de inteligencia artificial incluya el acceso a datos personales o exista forma de obtenerlos, por ejemplo, a través de patrones o dentro de la lógica del modelo–; explotación e inferencia –cuando se usen datos del interesado o de terceros para obtener un resultado, o bien cuando los datos y las inferencias del interesado se almacenan–; y comunicación, almacenamiento o acceso a terceros (AEPD, 2020), lo que advierte del elevado riesgo de incumplimiento de la normativa de protección de datos.

OpenAI ha manifestado su compromiso para reducir el procesamiento de información personal durante la fase de entrenamiento de sus modelos mediante la agregación o desidentificación de datos personales a efectos de su seudonimización y anonimización; la eliminación de datos personales y aquellos procedentes de sitios web que agregan grandes volúmenes de información personal; la implementación de medidas técnicas, administrativas y organizativas para proteger la información personal contra la pérdida, uso indebido, acceso, divulgación, alteración o destrucción no autorizados, así como la realización de autoevaluaciones o el entrenamiento de los modelos para rechazar solicitudes de información privada o sensible sobre personas (OpenAI 2023d, 2023e). Sin embargo, lo cierto es que todavía se encuentran pendientes un importante número de investigaciones por parte de diferentes autoridades gubernamentales en materia de protección de datos respecto a la suficiencia de tales medidas.

Asimismo, deberá tenerse en cuenta la previsión contractual de divulgación de datos personales por parte de OpenAI a vendedores y proveedores de servicios o como parte de procedimientos de *due diligence* en el seno de transferencias u otras transacciones estratégicas, incluyendo sus obligaciones legales de informar a las autoridades gubernamentales u otros terceros y afiliados, así como, en su caso, a los administradores de cuentas comerciales. Aunque OpenAI haya puesto a disposición de los usuarios un formulario para la oposición al procesamiento de datos personales y su eliminación de los datos de salida de ChatGPT (Markovski, 2023; OpenAI, 2024c, 2024d, 2024e), esta reconoce que, de conformidad con la normativa de protección de datos, algunos derechos podrían no ser absolutos, no garantizando que la información se elimine de los resultados de ChatGPT. Sin embargo, diversos estudios señalan que el entrenamiento y la capacitación de un modelo a partir de información que incluya datos personales podría permitir al mismo acceder a dicha información, y ello a pesar de que los datos hubieran sido anonimizados o depurados (Lomas, 2019), incluso mediante el empleo de mecanismos de inhibición de comportamientos específicos, filtros a nivel de salida o medidas RLHF para rechazar solicitudes que incluyan datos personales (Meng *et al.*, 2023; Patil *et al.*, 2023). Estas conclusiones plantean importantes preocupaciones no solo respecto a la posibilidad de acceso a dicha información por parte de terceros y otros usuarios de modelos como GPT-4, sino también en cuanto a la posibilidad de garantizar al interesado o titular de tales datos personales la efectividad de sus derechos de supresión y rectificación, especialmente cuando tales datos se encuentren incrustados en el modelo.

Centrándonos en el uso de ChatGPT Enterprise o de soluciones API basadas en modelos como GPT-4 –entre los que habrán de incluirse, por ejemplo, aquellos supuestos de implementación comercial de los modelos en la práctica jurídica, como podría ser la relativa a las actividades de asesoramiento por parte de un despacho de abogados–, deberá determinarse, en primer lugar, si el uso que vaya a darse a estos sistemas conllevará el tratamiento de datos personales, pues resulta evidente que no todas las soluciones basadas en inteligencia artificial implicarán una actividad de tratamiento ni, en su caso, esta alcanzará todas las fases de su ciclo de vida. En tales casos, serán precisamente dichas actividades de tratamiento las que se encuentren sujetas a la regulación en materia de protección de datos, mientras que, si una actuación concreta no implica una actividad de tratamiento de datos personales, no quedará sujeta a la misma.

Cuando la función que desempeñe el sistema de inteligencia artificial conlleve el tratamiento de datos personales, o bien cuando el sistema constituya un elemento del procesamiento de datos u otro tipo de operación dentro de una o más de las fases que integren una actividad más amplia de tratamiento –en cuyo caso, la función del sistema de inteligencia artificial no se considerará como un tratamiento aislado, sino como una operación dentro de dicha actividad de tratamiento más amplia, pues la funcionalidad aislada podría no legitimarse si no se incluye en un tratamiento amplio con una finalidad última y legítima (AEPD, 2023b)–, dicho tratamiento deberá cumplir con el conjunto de previsiones contenidas en la normativa en materia de protección de datos. Así, deberá inspirarse en los prin-

cipios de licitud, lealtad, transparencia, limitación en su finalidad, minimización, exactitud, limitación de plazo de conservación, integridad y confidencialidad (art. 5 del RGPD), bajo el prisma del principio de responsabilidad proactiva por parte del responsable del tratamiento. Asimismo, deberá contar con una base jurídica legitimadora (arts. 6 a 11 del RGPD), la cual podrá fundarse en la ejecución de un contrato en el que el interesado sea parte o en la aplicación de medidas precontractuales, en el interés legítimo, en el propio consentimiento de los interesados, en razones de interés público o en el cumplimiento de obligaciones legales, entre otros. De igual modo, deberá prestarse especial atención a la posibilidad de tratamiento de alguna de las categorías especiales de datos y a las posibilidades de enervación de la prohibición de su tratamiento a través de alguna de las excepciones previstas (art. 9.2 del RGPD). Será necesario velar por el cumplimiento de las obligaciones de información a los interesados (arts. 12 a 14 del RGPD), admitiéndose la información a través de un sistema de aproximación por capas o niveles. Así, deberá identificarse la identidad del responsable del tratamiento, la finalidad del mismo y la posibilidad del ejercicio de los derechos previstos en los artículos 15 a 22 del RGPD, incluyendo referencia explícita a si el tratamiento incluye la elaboración de perfiles o decisiones automatizadas –en cuyo caso, será preceptivo informar de esta circunstancia y de los derechos de oposición, proporcionando información significativa sobre la lógica aplicada y las consecuencias de dicho tratamiento–, añadiendo información sobre el carácter recuperable o no de los datos y, en caso de que no hubieran sido obtenidos directamente, sus categorías y fuentes, y dedicando una segunda capa a la información prevista en los artículos 13 y 14 del RGPD (AEPD, 2020).

Respecto al tratamiento en sí, un aspecto importante se centra en la correcta aplicación de los principios previstos por la normativa. Así, el principio de transparencia impone que toda información y comunicación relativa al tratamiento sea concisa, accesible y comprensible, a fin de garantizar un tratamiento leal y transparente y que los interesados tengan conocimiento de los riesgos, de las normas y de las salvaguardias del tratamiento. El principio de limitación determinará que la base jurídica del tratamiento deba restringirse a aquellos fines determinados, explícitos y legítimos que se hayan identificado, evitando tratarlos de forma incompatible con esos fines.

Por otra parte, se plantean ciertas cuestiones en cuanto a la forma de cohonestar las exigencias derivadas del principio de exactitud y calidad del dato con la posible existencia de alucinaciones, sesgos y errores en los modelos, ya que el mismo exige que los datos recogidos o inferidos a través de procedimientos matemáticos, estadísticos o para la elaboración de perfiles sean exactos –incluyendo la implementación de métricas y técnicas de depuración y trazabilidad para garantizar la fidelidad e integridad del conjunto de datos–, así como la obligación de documentar que los procedimientos empleados para el entrenamiento y la inferencia de la información sobre un interesado sean precisos, estables y predecibles. Conforme al principio de minimización, los datos personales solo deberán tratarse si la finalidad del tratamiento no pudiera lograrse razonablemente por otros medios, persiguiendo limitar la extensión de las categorías de datos a aquellas estrictamente necesarias, limitando la extensión en el número de interesados, así como también su accesibilidad al personal responsable o encargado y, particularmente, al usuario final y a terceros.

Asimismo, deberá garantizarse la posibilidad de ejercicio por los interesados de los derechos de acceso, rectificación, supresión, limitación, portabilidad y oposición, adoptando precauciones específicas en caso de su empleo en decisiones automatizadas o en la elaboración de perfiles (arts. 15 a 23 del RGPD). Deberán establecerse garantías y efectuarse evaluaciones de impacto cuando su naturaleza, alcance, contexto o fines entrañen un alto riesgo para los derechos y las libertades de las personas físicas (art. 35 del RGPD). Para ello, resultará preceptiva la llevanza de un registro de actividades de tratamiento, así como el cumplimiento de las obligaciones de documentación y gestión de riesgos frente a los derechos y libertades de los titulares de los referidos datos, incluyendo el establecimiento de medidas técnicas y organizativas que garanticen un nivel apropiado de seguridad (arts. 24 a 43 del RGPD). Del mismo modo, será preciso elaborar las evaluaciones de impacto oportunas y los avisos de privacidad, debiendo cumplir, en su caso, con las condiciones previstas para la realización de transferencias internacionales (arts. 44 a 50), así como con las previsiones contractuales específicas, como las relativas a la ejecución del anexo correspondiente con OpenAI sobre procesamiento de datos personales (OpenAI, 2024f). La implementación de sistemas de inteligencia artificial dentro de procesos productivos que conlleven el tratamiento de datos personales requerirá, en consecuencia, no solo del adecuado tratamiento, sino también de la elaboración y aplicación de los esquemas de gobernanza y supervisión oportunos, adaptados tanto al tipo de organización como al tipo de sistema de inteligencia artificial que vaya a implementarse y de su específica funcionalidad, debiendo contar con una adecuada regulación interna que establezca la forma en que los empleados y miembros de la organización traten los referidos datos e interactúen con los modelos, con el fin de evitar posibles infracciones en materia de protección de datos y supuestos de responsabilidad frente a terceros.

### 4.3. Derechos de propiedad intelectual e industrial y bases de datos

El auge de los sistemas de inteligencia artificial como ChatGPT ha suscitado importantes cuestiones a nivel global en torno a su interacción con la protección de los derechos de propiedad intelectual e industrial. A la complejidad inherente a este fenómeno, derivada, entre otros extremos, de la enorme variedad y diversidad de tecnologías que lo integran y de su rápida evolución, así como de las diferentes fases que integran el ciclo de vida de estos sistemas, se añaden aquellos aspectos relacionados con la propia naturaleza de los derechos de propiedad intelectual, de la globalización e internet, destacando, particularmente, las limitaciones territoriales del marco jurídico de protección y la falta de uniformidad entre ordenamientos jurídicos, sin perjuicio de la protección dispensada por ciertos instrumentos internacionales, como el Convenio de Berna para la Protección de Obras Literarias y Artísticas de 1886.

Entre las principales cuestiones en materia de propiedad intelectual se encuentran aquellas relacionadas con la elaboración de los corpus y datos de entrenamiento, así como su posterior utilización durante las fases de desarrollo y ajuste de los modelos. Ello resulta es-

pecialmente grave ante el riesgo de que tales corpus de texto contengan obras o fragmentos de obras protegidas que no se hallen en el dominio público y que podrían estar siendo utilizadas sin contar con autorización legal o sin el consentimiento o autorización de sus legítimos titulares, en infracción de los derechos morales y patrimoniales de los mismos. Del mismo modo, la generalización de estos sistemas ha dado lugar al surgimiento de cuestiones relacionadas con el funcionamiento técnico de los mismos, planteándose si nos encontramos ante actos de transformación, modificación o divulgación de obras protegidas cuando estas sean puestas a disposición de los usuarios, surgiendo también cuestiones respecto a la autoría tanto de los *prompts* de entrada como del *output* o resultado de salida y de las posibilidades de su explotación, incluyendo la incidencia del *prompt* en tales resultados.

El entrenamiento y la capacitación de los modelos, incluyendo sus fases de validación y ajuste con contenido protegido, sin contar con la suficiente legitimación para ello, plantea igualmente un riesgo evidente en materia de propiedad intelectual e industrial y de derechos de autor. Previamente, el empleo de rastreadores en línea (*web crawlers*) y el uso de actividades de *web scraping* en la conformación de los corpus de entrenamiento empleados en el preentrenamiento de los modelos de la familia GPT (OpenAI, 2023c, 2024c) plantea importantes riesgos en materia de propiedad intelectual y de derechos de autor. Una parte sustancial de la información de internet, incluida aquella disponible en abierto o sin restricción, se integra por contenido protegido por derechos de propiedad intelectual o industrial y derechos de autor, entre los que se incluyen obras completas o fragmentos de obras protegidas, composiciones de palabras, libros, artículos de periódicos y revistas, monografías, obras literarias, composiciones musicales, imágenes, películas, videojuegos, fragmentos de código o *software*, entre otros.

Más allá de las excepciones y limitaciones previstas en la Directiva 2001/29/CE –como la relativa a actos de reproducción provisional–, quienes hubieran llevado a cabo las actividades de *web scraping* solo podrían ampararse en una de las dos excepciones relativas a la minería de textos y datos previstas por la Directiva 2019/790, de 17 de abril de 2019, sobre los derechos de autor y derechos afines en el mercado único digital, objeto de transposición en España a través del Real Decreto-Ley 24/2021, de 2 de noviembre. La primera de ellas permite la reproducción y extracción a través de minería de textos y datos de obras a las que se tenga acceso lícito –incluyendo contenidos de acceso abierto o disponibles de forma gratuita en línea– cuando esta sea realizada por organismos con fines de investigación científica. Sin embargo, dada la organización corporativa de OpenAI, la existencia de fin de lucro, la incidencia en la misma por parte de Microsoft y la participación principal de esta última en los resultados de la investigación, parece cuestionable que la misma pueda ampararse en esta excepción. No obstante, la segunda excepción permite las reproducciones y extracciones de obras de forma legítima para fines de minería de textos y datos, al menos cuando no exista reserva expresa por los titulares de derechos, la cual podrá reflejarse a través de medios de lectura mecánica –como el estándar o protocolo de exclusión robots.txt– en el caso del contenido puesto a disposición del público en línea (García Vidal, 2020; Sánchez Aristi *et al.*, 2023).

Respecto al *web scraping* de bases de datos, conviene tener presente que las mismas podrán estar protegidas por derechos de autor en cuanto a su estructura cuando esta constituya una creación intelectual original de su autor. Aunque tal protección por propiedad intelectual no se hará extensiva a su contenido, se admite su protección por parte del autor de la base de datos a través del derecho *sui generis* previsto por la Directiva 96/9/CE, de 11 de marzo de 1996, así como, en su caso, por la legislación de trasposición. La extracción o la reutilización de la totalidad o de una parte sustantiva del contenido de una base de datos, cuando la obtención, la verificación o la presentación de dicho contenido hubiera representado una inversión sustancial desde el punto de vista cuantitativo o cualitativo, incluyendo las actividades de recuperación, rastreo, reutilización, búsqueda en tiempo real y copia local del contenido de las mismas, constituyen una potencial infracción en materia de bases de datos (Sentencia del Tribunal de Justicia de 15 de enero de 2015 [Ryanair Ltd contra PR Aviation BV, Case C30/14] y Sentencia del Tribunal de Justicia de 3 de junio de 2021 [SIA «CV-Online Letonia» contra SIA «Melons», C762/19]), cuando tales actividades no cuenten con suficiente legitimación o puedan incluirse en alguna de las excepciones previstas al derecho *sui generis*, a las que habrán de añadirse las excepciones previstas por la Directiva 2019/790, de 17 de abril de 2019, en los términos antes expuestos.

En cuanto a los riesgos asociados al *output* de salida de los modelos, algunas de las cuestiones planteadas conectan con los límites a los derechos de reproducción, la comunicación pública y la transformación de obras protegidas. En caso de que los modelos pongan a disposición de los usuarios respuestas que reproduzcan total o parcialmente el contenido de una obra protegida o que conlleve la traducción, adaptación o cualquier otra modificación de la misma, dando lugar a una obra diferente, estaremos ante un supuesto de reproducción o, en su caso, de transformación, el cual conllevará un elevado riesgo de infracción en materia de propiedad intelectual por parte de OpenAI.

Tales aspectos se encuentran en la base de un creciente número de demandas y reclamaciones contra OpenAI, fundamentalmente en Estados Unidos, como las formuladas recientemente por parte del *New York Times* o la demanda colectiva *Author's Guild et al. versus OpenAi, Inc. et al.* (1:23-cv-08292), en la que se incluyen diversos autores, como George R. R. Martin (Zahn, 2023); o la interpuesta por el autor Julian Sancton en el asunto *Julian Sancton versus OpenAI, Inc.* (1:23-cv-10211). No obstante, en Estados Unidos, todavía no existe jurisprudencia clara que describa la aplicación específica del uso legítimo (*fair use*), establecida por la sección 107 de la Copyright Act 1976 y reflejada en el título 17, capítulo 1, parágrafo 107, del United States Code en cuanto a los sistemas de inteligencia artificial generativa. En tales casos, es probable que el argumento de defensa que intente seguirse por parte de OpenAI sea similar al sostenido por Google en el asunto *Authors Guild, Inc. versus Google, Inc.* (13-4829-cv [2d Cir. 2015]).

De seguirse el criterio sostenido en este precedente, OpenAI podría intentar justificar que los fragmentos de texto protegido que proporciona queden, o bien amparados por el derecho de cita, o bien encuadrados dentro de un acto más amplio de transformación, amparado

por el *fair use* –según el concepto sostenido en el asunto *Campbell versus Acuff-Rose Music, Inc.* (510 US 569 [1994] 591)–, si bien para ello deberán acreditar que tales fragmentos ofrecen algo nuevo y diferente del original, cumpliendo funciones de mercado diferentes y no un mero sustituto para el material protegido. Por el contrario, de constatarse por la parte actora una finalidad sustancialmente similar al original en conjunción a la existencia de un uso comercial, resultará complicado encajar el mismo en el concepto de «actividad transformativa», en línea con el reciente asunto *Andy Warhol Foundation for the Visual Arts, Inc. versus Goldsmith*, 598 US (Lin, 2023).

A nivel comunitario, existen diferentes asuntos planteados ante el Tribunal de Justicia de la Unión Europea en los que se han abordado aspectos de los límites al derecho de reproducción, como el asunto *Infopaq*, por el que se estableció que una actividad realizada en el contexto de un procedimiento de recopilación de datos, por la que se almacena en memoria e imprime un extracto de una obra protegida por el derecho de propiedad intelectual, constituía una reproducción parcial a los efectos del artículo 2 de la Directiva 2001/29/CE si el producto de dicho procedimiento expresaba la creación intelectual del autor (Tribunal de Justicia de la Unión Europea, 2009). No obstante, se requería que el acto fuera provisional y transitorio, que formara parte integrante y esencial de un proceso tecnológico, cuya única finalidad consistiera en facilitar una transmisión en una red entre terceras partes por un intermediario o una utilización lícita, y que dicho acto no tuviera una significación económica independiente (Hugenholtz y Quintais, 2021).

Finalmente, otra de las cuestiones jurídicas más relevantes respecto al *output* de salida se centra en la atribución de titularidad o autoría del mismo y el grado de intervención del usuario en la obtención de ese resultado, tratándose todavía de una cuestión abierta. En territorio estadounidense, algunos planteamientos sostienen que los resultados ofrecidos por el modelo se tratarían de una obra realizada por contrato sobre la base del título 17 del *United States Code*, capítulo 2, parágrafo 201, perteneciendo al usuario que proporciona el *prompt* de entrada, debiendo rechazar la calificación como autor o coautor a quien simplemente describe a otro de qué modo debería funcionar o verse el trabajo encargado (*United States Court Appeals*, 1989).

Otros planteamientos, en cambio, consideran que en tanto los modelos pertenecerían a OpenAI, esta sería titular de sus resultados, si bien la misma habría cedido a los usuarios la titularidad sobre los *outputs* conforme a sus condiciones de uso de 31 de enero de 2024. Así, de acuerdo con dichas condiciones y en la medida en que lo permitiera la ley aplicable, el usuario conservaría sus derechos de propiedad sobre el contenido de la entrada y sería propietario de los resultados de salida, asignando OpenAI al usuario todos sus derechos, títulos e intereses, si los hubiere, respecto al *output*.

Otro argumento defiende que los usuarios son los autores de los resultados proporcionados por la inteligencia artificial, dada la intervención activa de los mismos sobre el modelo a través del *prompt*. No obstante, el criterio sostenido por la *United States Copyright*

Office (USCO) parece ser contrario a este argumento. En su decisión de 14 de febrero de 2022, la USCO rechazó la protección de derechos de autor sobre la obra digital titulada *A Recent Entrance to Paradise*, realizada por un sistema de inteligencia artificial, porque la obra carecía de autoría humana (USCO, 2022). Del mismo modo, en la decisión respecto a la solicitud de Kristina Kashtanova del registro de propiedad intelectual del comic *Zarya of the Dawn*, la USCO consideró que la novela gráfica compuesta por texto escrito por humanos, combinado con imágenes generadas por el servicio de inteligencia artificial Midjourney, constituía una obra protegida por derechos de autor, pero que las imágenes individuales en sí mismas no podían estar protegidas por derechos de autor (USCO, 2023b); concluyendo que la usuaria del sistema no era autora de las imágenes individuales generadas, y ello aun cuando hubiera intervenido a través del empleo de diferentes *prompts*, al no existir ninguna garantía de que una indicación concreta o *prompt* generara un resultado determinado, de forma que las indicaciones o *prompts* funcionarían más como sugerencias que como órdenes, similares a las de un cliente que contrata a un artista para crear una imagen a partir de ciertas instrucciones sobre su contenido.

La Copyright Registration Guidance: Works Containing Material Generated by Artificial Intelligence de la USCO (2023a) establece un listado de pautas para poder registrar obras que contengan material generado por inteligencia artificial, haciendo hincapié en el requisito de la autoría humana y su contribución –no registrándose obras producidas exclusivamente por máquinas u otros procesos que operen de forma aleatoria o automática, sin ningún aporte o intervención creativa–, pues lo importante será determinar hasta qué punto el ser humano tuvo control creativo sobre la expresión de la obra y hasta qué punto realmente formó los elementos tradicionales de la autoría, siendo tal aspecto lo fundamentalmente protegible. A este respecto, deberá identificarse el grado de aportación humana y la parte generada por inteligencia artificial, no siendo necesario incluir en la solicitud aquella tecnología de inteligencia artificial o empresa que la proporcionó, como tampoco aquel contenido *de minimis*, el cual también quedará excluido de la solicitud (USCO, 2023a).

En la mayoría de los sistemas jurídicos actuales los derechos de autor solo se aplicarán a obras originales –teniendo en cuenta que la originalidad ha de reflejar una creación intelectual propia de un autor humano– y que, por ende, la actividad de creación es intrínsecamente humana, no pudiendo reconocerse a la inteligencia artificial como autora ni como titular de derechos de autor.

Aunque en sistemas jurídicos como el de Reino Unido, Irlanda, Nueva Zelanda, India o Hong Kong se reconoce la autoría de la obra a quien haya tomado las disposiciones necesarias para su creación –de forma que el grado de intervención humana en el proceso constituye un factor determinante–, encontramos algunas distinciones entre obras generadas por una inteligencia artificial sin asistencia humana; obras generadas en colaboración con una inteligencia artificial, en función del grado de contribución humana en la formulación o expresión de ideas; y obras asistidas por una inteligencia artificial en las que la contribución humana es sustancial y la intervención de la inteligencia artificial es mínima.

A nivel comunitario, existe una tendencia favorable a la distinción entre las creaciones humanas asistidas por la inteligencia artificial, esto es, aquellas con intervención y/o dirección humana material, y las creaciones generadas por la inteligencia artificial sin ninguna intervención humana (Comisión Europea, 2020; OMPI, 2020, 2021; Parlamento Europeo, 2020). A fin de constatar si los resultados asistidos por inteligencia artificial pueden protegerse bajo la ley de derechos de autor de la Unión Europea, la Comisión Europea propone una prueba de cuatro pasos: que se trate de una producción del ámbito literario, científico o artístico; que sea el resultado del esfuerzo intelectual humano, reconociendo que es posible crear obras de autoría humana con ayuda de máquinas o dispositivos (Sentencia de 11 de diciembre de 2011, Painer, C-145/10, 2011); que cumpla con los umbrales de originalidad, la cual habrá de ser evaluada por los tribunales nacionales de la Unión Europea y dependerá de si un autor humano ha tomado decisiones creativas durante el proceso de producción, esto es, durante las fases de concepción, ejecución y redacción, y de que estas se reflejen en el resultado final; y que sea identificable con suficiente precisión y objetividad, debiendo concluirse que aquellos resultados generados por inteligencia artificial que carezcan de originalidad, al crearse sin ninguna intervención humana, no cumplen los requisitos para ser considerados como obras susceptibles de protección por derechos de autor.

## 5. Perspectivas regulatorias a nivel comunitario: breve aproximación a las directivas por responsabilidad civil extracontractual y al reglamento de inteligencia artificial

Entre las principales propuestas regulatorias a nivel comunitario con especial impacto en la implementación de sistemas de inteligencia artificial en el ámbito empresarial y corporativo, destaca la Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la adaptación de las normas de responsabilidad civil extracontractual a la inteligencia artificial (Directiva sobre responsabilidad en materia de inteligencia artificial), dirigida al establecimiento de requisitos uniformes y a aligerar la carga de la prueba mediante el uso de la exhibición y las presunciones refutables *iuris tantum*.

A tal efecto, establece que, cuando se presente una demanda de responsabilidad por daños y perjuicios que goce de viabilidad por estar respaldada por hechos y pruebas suficientes, los órganos jurisdiccionales podrán ordenar a proveedores, terceros sujetos a sus obligaciones y usuarios la exhibición de pruebas pertinentes relativas a sistemas de inteligencia artificial de alto riesgo específicos de los que se sospeche que han causado daño, en la medida necesaria para sustentar la demanda y con excepción de secretos comerciales e información confidencial. En caso de incumplimiento de la orden de exhibición de la información anterior, el órgano jurisdiccional nacional presumirá el incumplimiento por parte del demandado de un deber de diligencia pertinente. Asimismo, se establece una presunción refutable de relación o nexo de causalidad en caso de culpa, siempre y cuando se constate el incumplimiento de un deber de diligencia, pueda considerarse razonablemente probable

que la culpa ha influido en los resultados producidos por el sistema de inteligencia artificial o en la falta de ellos y el demandante haya demostrado que la información de salida de la inteligencia artificial o la falta de la misma causó los daños.

Otra iniciativa es la Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre responsabilidad como consecuencia de los daños causados por productos defectuosos, dirigida a incluir los sistemas de inteligencia artificial en la nueva definición de «producto», reformulando los conceptos «defectuoso», «daño» o «productor» y facilitando la carga de la prueba del demandante. Así, bajo el concepto de «defectuoso» se incluiría no solo la inadecuación al uso del producto, sino también la falta de garantía de seguridad; mientras que el concepto de «daño» incluiría aquellos a la salud psicológica comprobados médicamente y la pérdida o corrupción de datos que no se utilicen exclusivamente con fines profesionales. Por su parte, el nuevo concepto de «productor» sustituye la definición tradicional por un listado amplio de operadores económicos. Asimismo, el demandante solo deberá acreditar el daño, el carácter defectuoso del producto y el nexo causal, sin que sea necesario acreditar la culpabilidad.

Se presumirá el carácter defectuoso cuando pueda probarse que el producto no cumple los requisitos de seguridad establecidos en el derecho de la Unión Europea o en la legislación nacional cuando se demuestre que el daño fue causado por un mal funcionamiento del producto durante su uso o en circunstancias normales o cuando el demandado no cumpla con una orden de exhibición de pruebas. Asimismo, se presumirá el nexo causal entre el carácter defectuoso del producto y el daño cuando se constate que el producto era defectuoso y el daño causado fuera un daño compatible normalmente con el defecto en cuestión. Ahora bien, cuando el tribunal considere que el demandante se enfrenta a dificultades técnicas o científicas excesivas para acreditar el carácter defectuoso del producto, el nexo causal, o ambas cosas, podrá establecer una presunción *iuris tantum* si el demandante demuestra que el producto contribuyó a daños o sea probable que el producto sea defectuoso o que su carácter defectuoso fue una causa probable de los daños, o ambos (Etreros y Sánchez, 2022).

Sin embargo, la iniciativa más importante a este respecto es la relativa a la Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (Ley de inteligencia artificial) y se modifican determinados actos legislativos de la Unión, dirigida a establecer un marco jurídico uniforme en cuanto al control, monitorización, introducción en el mercado y utilización de sistemas de inteligencia artificial en la Unión Europea a partir de un enfoque basado en los riesgos. Este régimen alcanzará a todos los participantes en la cadena de valor de los sistemas de inteligencia artificial incluidos dentro de su ámbito de cobertura, incluyendo, entre otros, a proveedores –lo que incluirá a quienes desarrollen sistemas de inteligencia artificial, como aquellas entidades para las que se desarrollen tales sistemas con vistas a introducirlos en el mercado o ponerlos en servicio con su propio nombre o marca comercial, ya sea de manera remunerada o gratuita–, usuarios –referidos a toda persona física o jurídica, autoridad

pública, agencia u organismo de otra índole que utilice un sistema de inteligencia artificial bajo su propia autoridad, salvo cuando su uso se enmarque en una actividad personal de carácter no profesional-, así como a implementadores o distribuidores, entre otros. Los importadores que introduzcan en el mercado o pongan en servicio un sistema de inteligencia artificial que lleve el nombre o la marca comercial de una persona física o jurídica establecida fuera de la Unión tendrán que garantizar que el proveedor extranjero ya haya efectuado el procedimiento adecuado de evaluación, lleve un marcado europeo de conformidad (CE) y vaya acompañado de la documentación y de las instrucciones de uso necesarias.

Del mismo modo, estarán previstas determinadas obligaciones para los proveedores de modelos de inteligencia artificial de uso general, incluidos los grandes modelos generativos de inteligencia artificial, lo que afectará a la implementación de modelos de OpenAI. La propuesta propone un planteamiento basado en el riesgo que consta de cuatro niveles. Así, diferencia entre «sistemas de inteligencia artificial de riesgo bajo o mínimo», que podrán desarrollarse y utilizarse con arreglo a la legislación vigente, sin obligaciones jurídicas adicionales; «sistemas de inteligencia artificial de alto riesgo», que tienen un impacto potencial negativo en la seguridad de las personas o en sus derechos fundamentales y que para ser permitidos deberán cumplir con un extenso listado de obligaciones, incluida una evaluación *ex ante*; «sistemas de inteligencia artificial de riesgo inaceptable», que suponen la vulneración de derechos fundamentales y, en consecuencia, se considerarán prohibidos; y «sistemas de inteligencia artificial de riesgo específico para la transparencia», respecto de los cuales se imponen obligaciones específicas. Asimismo, aborda los denominados «sistemas de inteligencia artificial de propósito general», así como los «modelos fundacionales», los cuales deberán cumplir obligaciones específicas de transparencia y cumplimiento en materia de propiedad intelectual durante su entrenamiento, entre otros, antes de ser introducidos en el mercado.

La propuesta establece un régimen específico para aquellos supuestos de riesgo sistémico, el cual podría surgir de los modelos de inteligencia artificial de propósito general, incluidos los grandes modelos generativos de inteligencia artificial, respecto de los cuales se prevé la imposición de obligaciones más estrictas. De acuerdo con la Comisión, por ahora, se considera que los modelos de inteligencia artificial de propósito general que se entrenaron utilizando una potencia de cálculo total de más de  $10^{25}$  FLOP (*floating point operations per second*) conllevan riesgos sistémicos, lo que incluiría sistemas como GPT-4 de OpenAI.

## 6. Conclusiones

El presente estudio proporciona una aproximación a la arquitectura, al funcionamiento, a las aplicaciones, a las limitaciones y a los riesgos asociados a la implementación en el sector jurídico de ChatGPT, así como de aquellas soluciones API basadas en la familia de modelos GPT, entre los que se incluye GPT-4. La comprensión de sus características, del corpus de entrenamiento y de las diferentes fases de desarrollo, preentrenamiento y ajuste por refuerzo

con supervisión humana expuestas en el presente estudio permiten comprender algunas de las principales funcionalidades, limitaciones y riesgos. El creciente interés por este tipo de sistemas advierte de un potencial cambio de paradigma en la concepción de la profesión jurídica, dadas las amplias aplicaciones de estos sistemas. Sin embargo, a pesar de sus utilidades, los modelos continúan presentando importantes limitaciones y riesgos, no solo técnicos, sino también jurídicos y éticos. Frente a la existencia de alucinaciones y sesgos, resultará imprescindible adaptar no solo una batería de medidas técnicas apropiadas, sino también realizar una aproximación adecuada y responsable desde el punto de vista de los usuarios. A nivel jurídico, algunos de los principales riesgos inherentes a los sistemas como ChatGPT y a las soluciones basadas en GPT-4 se circunscriben a aspectos relacionados con la protección de datos y la confidencialidad, los derechos de propiedad intelectual e industrial y los derechos de autor y bases de datos, resultando imperativo analizar cada una de tales cuestiones por separado. Finalmente, entre las propuestas a nivel comunitario con impacto en la implementación de sistemas de inteligencia artificial destacan aquellas dirigidas a armonizar la regulación en la Unión Europea, con exponentes en materia de responsabilidad extracontractual, productos defectuosos y, especialmente, a través de la propuesta de Ley de inteligencia artificial.

## Referencias bibliográficas

- Accenture. (2021). *Research Based on Analysis of Occupational Information Network*.
- Adams, K. (2022). *ChatGPT Won't Fix Contracts*. Adam on Contract Drafting. <https://www.adamsdrafting.com/chatgpt-wont-fix-contracts/>
- Addams, G., Fabbri, A., Ladhak, F., Lehman, E. y Elhadad, N. (2023). *From Sparse to Dense: GPT-4 Summarization with Chain of Density Prompting*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2309.04269>
- Adlakhia, V., BehnamGhader, P., Han Lu, X., Meade, N. y Reddy, S. (2023). *Evaluating Correctness and Faithfulness of Instruction-Following Models for Question Answering*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2307.16877.pdf>
- AEPD. (2018). *Informe del Gabinete Jurídico AEPD 181/2018 (N/REF: 210070/2018)*. <https://www.aepd.es/documento/2018-0181.pdf>
- AEPD. (2020). *Adecuación al RGPD de tratamientos que incorporan inteligencia artificial. Una introducción*. <https://www.aepd.es/documento/adequacion-rgpd-ia.pdf>
- AEPD. (2021a). *Informe del Gabinete Jurídico AEPD 81/2019 (N/REF: 028891/2019)*. <https://www.aepd.es/documento/2019-0081.pdf>
- AEPD. (2021b). *Informe del Gabinete Jurídico AEPD 89/2020 (N/REF: 0089/2020)*. <https://www.aepd.es/documento/2020-0089.pdf>
- AEPD. (2023a). *Informe del Gabinete Jurídico AEPD 52/2023 (N/REF: 0052/2023)*. <https://www.aepd.es/documento/2023-0052.pdf>
- AEPD. (2023b). *Inteligencia artificial: sistema vs. tratamiento, medios vs. finalidad*. <https://www.aepd.es/prensa-y-comunicacion/blog/inteligencia-artificial-sistema-vs-tratamiento-medio-vs-finalidad>
- Agencia Tributaria. (2020). *Plan estratégico de la Agencia Tributaria 2020-2023*.

- Aletras, N., Androutsopoulos, I., Barrett, L. y Preotjuc-Pietro, D. (Eds.). (2020). Natural legal language processing workshop 2020. *CEUR Workshop Proceedings*, 2.645.
- Aletras, N., Ash, E., Barrett, L., Chen, D., Meyers, A., Preotjuc-Pietro, D., Rosenberg, D. y Stent, A. (Eds.). (2019). *Natural Legal Language Processing (NLLP). Proceedings of the 2019 Workshop*. Association for Computational Linguistics. <https://aclanthology.org/W19-22.pdf>
- Aletras, N., Tsarapatsanis, D., Preotjuc-Pietro, D. y Lampos, V. (2016). Predicting judicial decisions of the European Court of Human Rights: a natural language processing perspective. *PeerJ Computer Science*, 2(2), 1-19.
- Allen & Overy. (2023). *A&O Announces Exclusive Launch Partnership with Harvey*. <https://www.allenoverly.com/en-gb/global/news-and-insights/news/ao-announces-exclusive-launch-partnership-with-harvey>
- Ambrogi, B. (2023). *New GPT-Based Chat App from LawDroid is a Lawyer's «Copilot» for Research, Drafting, Brainstorming and More*.
- Arts, S., Hou, J. y Gomez, J. C. (2021). Natural language processing to identify the creation and impact of new technologies in patent text: code, data, and new measures. *Research Policy*, 50(2), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104144>
- Bacas, T. (2022). *ANALYSIS: Will ChatGPT Bring AI to Law Firms? Not Anytime Soon*. Bloomberg Law. <https://news.bloomberglaw.com/bloomberg-law-analysis/analysis-will-chatgpt-bring-ai-to-law-firms-not-anytime-soon>
- Bai, Y., Jones, A., Ndousse, K., Askell, A., Chen, A., DasSarma, N., Drain, D., Fort, S., Ganguli, D., Henighan, T., Joseph, N., Kadavath, S., Kernion, J., Conerly, T., El-Showk, S., Elhage, N., Hatfield-Dodds, Z., Hernandez, D., Hume, T., ... y Kaplan, J. (2022). *Training a Helpful and Harmless Assistant with Reinforcement Learning from Human Feedback*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2204.05862.pdf>
- Beltagy, I., Peters, M. E. y Cohan, A. (2020). *Longformer: The Long-Document Transformer*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2004.05150.pdf>
- Bender, E. M. y Friedman, B. (2018). Data statements for natural language processing: toward mitigating system bias and enabling better science. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 6, 587-604.
- Bhaskar, A., Fabbri, A. y Durrett, G. (2023). *Prompted Opinion Summarization with GPT-3.5*. <https://aclanthology.org/2023.findings-acl.591>
- Bhattacharya, P., Hiware, K., Rajgaria, S., Pochhi, N., Ghosh, K. y Ghosh, S. (2019). A comparative study of summarization algorithms applied to legal case judgments. En L. S. Azzopardi, B. Stein, N. Fuhr, P. Mayr, C. Hauff y D. Hiemstra (Eds.), *Advances in Information Retrieval (ECIR)*, 11.437, 413-428.
- Bhattacharya, P., Poddar, S., Rudra, K. y Ghosh, K. (2021). Incorporating domain knowledge for extractive summarization of legal case documents. *ICAIL '21. Proceedings of the 18th International Conference on Artificial Intelligence and Law*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2106.15876.pdf>
- Bommarito, M. J., Martin Katz, D. y Detterman, E. M. (2018). *Lexnlp: Natural Language Processing and Information Extraction for Legal and Regulatory Texts*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/1806.03688.pdf>
- Bommasani, R., Hudson, D., Adeli, E., Altman, R., Arora, S., Arx, S. von, Bernstein, M. S., Bohg, J., Bosselut, A., Brunskill, E., Brynjolfsson, E., Buch, S., Card, D., Castellon, R., Chatterji, N., Chen, A., Creel, K., Quincy Davis, J., Demszky, D., ... y Liang, P. (2022). *On the Opportunities and Risks of Foundation Models*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2108.07258.pdf>

- Bowman, S. R. (2023). *Eight Things to Know about Large Language Models*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2304.00612>
- Branting, L. K., Pfeifer, C., Brown, B., Ferro, L., Aberdeen, J., Weiss, B., Pfaff, M. y Liao, B. (2021). Scalable and explainable legal prediction. *Artificial Intelligence Law*, 29, 213-238.
- Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., ... y Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in Neural Information Processing Systems 33 (NeurIPS 2020)*. Vancouver, Canadá.
- Bruno, A., Mazzeo, P. L., Chetouani, A., Tliba, M. y Kerkouri, M. A. (2023). *Insights into Classifying and Mitigating LLMs' Hallucinations*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2311.08117.pdf>
- Bubeck, S., Chandrasekaran, V., Eldan, R., Gehrke, J., Horvitz, E., Kamar, E., Lee, P., Lee, Y. T., Li, Y., Lundberg, S., Nori, H., Palangi, H., Ribeiro, M. T. y Zhang, Y. (2023). *Sparks of Artificial General Intelligence: Early Experiments with GPT-4*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2303.12712.pdf>
- Burns, C., Ye, H., Klein, D. y Steinhardt, J. (2022). *Discovering Latent Knowledge in Language Models without Supervision*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2212.03827.pdf>
- Cao, Z., Wei, F., Li, W. y Li, S. (2017). *Faithful to the Original: Fact Aware Neural Abstractive Summarization*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/1711.04434.pdf>
- Cath, C., Wachter, S., Mittelstadt, B., Taddeo, M. y Floridi, L. (2018). Artificial intelligence and the «good society»: the US, EU, and UK approach. *Science and Engineering Ethics*, 24, 505-528. <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9901-7>
- CBS News. (2023). *Lawyers Fined for Filing Bogus Case Law Created by ChatGPT*. <https://www.cbsnews.com/news/chatgpt-judge-fines-lawyers-who-used-ai/>
- Cerullo, M. (2023a). *A Lawyer Used ChatGPT to Prepare a Court Filing. It Went Horribly Awry*. CBS News. <https://www.cbsnews.com/news/lawyer-chatgpt-court-filing-avianca/>
- Cerullo, M. (2023b). *Texas Judge Bans Filings Solely Created by AI after ChatGPT Made Up Cases*. CBS News. <https://www.cbsnews.com/news/texas-judge-bans-chatgpt-court-filing/>
- Chalkidis, I., Androutsopoulos, I. y Aletras, N. (2019). Neural legal judgment prediction in English. En A. Korhonen, D. Traum y L. Márquez (Eds.), *Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (pp. 4.317-4.323). Association for Computational Linguistics.
- Chalkidis, I., Androutsopoulos, I. y Michos, A. (2017). Extracting contract elements. *Proceedings of the 16th Edition of the International Conference on Artificial Intelligence and Law* (pp. 19-28).
- Chalkidis, I., Androutsopoulos, I. y Michos, A. (2018). Obligation and prohibition extraction using hierarchical RNNs. En I. Gurevych y Y. Miyao (Eds.), *Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (Vol. 2, Short Papers, pp. 254-259). Association for Computational Linguistics.
- Chalkidis, I., Fergadiotis, M., Kotitsas, S., Malakasiotis, P., Aletras, N. y Androutsopoulos, I. (2020). An empirical study on large-scale multi-label text classification including few and zero-shot labels. *Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (pp. 7.503-7.515). Association for Computational Linguistics.
- Chalkidis, I., Fergadiotis, M., Malakasiotis, P., Aletras, N. y Androutsopoulos, I. (2020). *LEGAL-BERT: The Muppets Straight out of Law School*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2010.02559.pdf>

- Chalkidis, I., Fergadiotis, M., Tsarapatsanis, D., Aletras, N., Androutsopoulos, I. y Malakasiotis, P. (2021). Paragraph-level rationale extraction through regularization: a case study on European Court of Human Rights Cases. En K. Toutanova, A. Rumshisky, L. Zettlemoyer, D. Hakkani-Tur, I. Beltagy, R. Cotterell, T. Chakraborty e Y. Zhou (Eds.), *Proceedings of the 2021 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies* (pp. 226-241). Association for Computational Linguistics.
- Chalkidis, I., Jana, A., Hartung, D., Bommaritto, M., Androutsopoulos, I., Martin Katz, D. y Aletras, N. (2022). *LexGLUE: A Benchmark Dataset for Legal Language Understanding in English*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2110.00976v4.pdf>
- Chalkidis, I. y Kampas, D. (2019). Deep learning in law: early adaptation and legal word embeddings trained on large corpora. *Artificial Intelligence and Law*, 27, 171-198.
- Chan, I., Garriga-Alonso, A., Goldowsky-Dill, N., Greenblatt, R., Nitishinskaya, J., Radhakrishnan, A. y Shlegeris, B. (2022). *Causal Scrubbing: A Method for Rigorously Testing Interpretability Hypotheses [Redwood Research]*.
- Chen, X., Li, M., Gao, X. y Zhang, X. (2022). Towards improving faithfulness in abstractive summarization. *36th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2022)* (pp. 1-13).
- Chen, Y., Sun, Y., Yang, Z. y Lin, H. (2020). Joint entity and relation extraction for legal documents with legal feature enhancement. En D. Scott, N. Bel y C. Zong (Eds.), *Proceedings of the 28th International Conference on Computational Linguistics* (pp. 1.561-1.571). Association for Computing Machinery.
- Chowdhery, A., Narang, S., Devlin, J., Bosma, M., Mishra, G., Roberts, A., Barham, P., Won Chung, H., Sutton, C., Gehrmann, S., Schuh, P., Shi, K., Tsvyashchenko, S., Maynez, J., Rao, A., Barnes, P., Tay, Y., Shazeer, N., Prabhakaran, V., ... y Fiedel, N. (2022). *PaLM: Scaling Language Modeling with Pathways*, Google Research. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2204.02311.pdf>
- Cobbe, K., Kosaraju, V., Bavarian, M., Chen, M., Jun, H., Kaiser, L., Plappert, M., Tworek, J., Hilton, J., Nakano, R., Hesse, C. y Schulman, J. (2021). *Training Verifiers to Solve Math Word Problems*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2110.14168.pdf>
- Comisión Europea. (2020). *Trends and Developments in Artificial Intelligence*. <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/71193>
- Cuatrecasas. (2023). *Cuatrecasas sella una alianza estratégica con Harvey para implantar la IA generativa*. <https://www.cuatrecasas.com/es/spain/art/cuatrecasas-sella-una-alianza-estrategica-con-harvey-para-implantar-la-ia-generativa>
- Dai, Z., Yang, Z., Yang, Y., Carbonell, J., Le, Q. V. y Salakhutdinov, R. (2019). *Transformer-XL: Attentive Language Models Beyond a Fixed-Length Context*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/1901.02860.pdf>
- Dev, S. y Phillips, J. (2019). *Attenuating Bias in Word Vectors*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/1901.07656.pdf>
- Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K. y Toutanova, K. (2019). *BERT: Pre-Training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/1810.04805.pdf>
- Elhage, N., Nanda, N., Olsson, C., Henighan, T., Joseph, N., Mann, B., Askell, A., Bai, Y., Chen, A., Conerly, T., DasSarma, N., Drain, D., Ganguli, D., Hatfield-Dodds, Z., Hernandez, D., Jones, A., Kernion, J., Lovitt, L., Ndousse, K., ... y Olah, C. (2021). A mathematical framework for transformer circuits.

- Anthropic*. <https://transformer-circuits.pub/2021/framework/index.html>
- Etreros, J. y Sánchez, R. (2022). *Responsabilidad civil e inteligencia artificial*. *Economic & Jurist*. <https://www.economistjurist.es/articulos-juridicos-destacados/responsabilidad-civil-e-inteligencia-artificial/>
- Expert.AI. (2023). *Cuatrecasas incorpora la inteligencia artificial a sus procesos de trabajo*. <https://www.expert.ai/es/cuatrecasas-incorpora-la-inteligencia-artificial-a-sus-procesos-de-trabajo/>
- Fernandes, P., Madaan, A., Lin, E., Farinhas, A., Martins, P. H., Bertsch, A., Souza, J. G. C. de, Zhou, S., Wu, T., Neubig, G. y Martins, A. F. T. (2023). *Bridging the Gap: A Survey on Integrating (Human) Feedback for Natural Language Generation*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2305.00955.pdf>
- Ferrara, E. (2023). *Should Chatgpt Be Biased? Challenges and Risks of Bias in Large Language Models*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2304.03738.pdf>
- Ferro, L., Aberdeen, J., Branting, K., Pfeifer, C., Yeh, A. y Chakraborty, A. (2019). Scalable methods for annotating legal-decision corpora. En N. Aletras, E. Ash, L. Barrett, D. Chen, A. Meyers, D. Preotiuc-Prieto, D. Rosenber y A. Stent (Eds.), *Proceedings of the Natural Legal Language Processing Workshop* (pp. 12-20). Association for Computational Linguistics.
- Fortune Business Insights. (2023). *AI Market Size Report*. <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/artificial-intelligence-market-100114>
- Galgani, F., Compton, P. y Hoffmann, A. (2012). Towards automatic generation of catch-phrases for legal case reports. *International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics* (pp. 414-425).
- Gao, X., Singh, M. P. y Mehra, P. (2012). Mining business contracts for service exceptions. *IEEE Transactions on Services Computing*, 5(3), 333-344. IEEE.
- García Vidal, Á. (2020). Propiedad intelectual y minería de textos y datos: estudio de los artículos 3 y 4 de la Directiva (UE) 2019/790. *Actas de Derecho Industrial y Derecho de Autor*, 40 (2019-2020) (pp. 99-124). Universidad de Santiago de Compostela.
- George, C. y Stuhlmüller, A. (2023). *Factored Verification: Detecting and Reducing Hallucination in Summaries of Academic Papers*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2310.10627.pdf>
- Goyal, T., Li, J. J. y Durrett, G. (2023). *News Summarization and Evaluation in the Era of GPT-3*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2209.12356>
- Grand View Research. (2023). *Artificial Intelligence Market Size*. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-market>
- Guan, J., Dodge, J., Wadden, D., Huang, M. y Peng, H. (2023). *Language Models Hallucinate, but May Excel at Fact Verification*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2310.14564.pdf>
- Guo, Z., Schlichtkrull, M. y Vlachos, A. (2022). A survey on automated fact-checking. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 10, 178-206.
- Han, X., Zhang, Z., Ding, N., Gu, Y., Liu, X., Huo, Y., Qiu, J., Zhang, A., Zhang, L., Han, W., Huang, M., Jin, Q., Lan, Y., Liu, Y., Liu, Z., Lu, Z., Qiu, X., Song, R., Tang, J., ... y Zhu, J. (2021). Pre-trained models: past, present and future. *AI Open*, 2, 225-250.
- Hatzius, J., Briggs, J., Kodnani, D. y Pierdomenico, G. (2023). *The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth (Briggs/Kodnani)*. Goldman Sachs. [https://www.ansa.it/documents/1680080409454\\_ert.pdf](https://www.ansa.it/documents/1680080409454_ert.pdf)
- Hegel, A., Shah, M., Peaslee, G., Roof, B. y Elwany, E. (2021). *The Law of Large Docu-*

- ments: Understanding the Structure of Legal Contracts Using Visual Cues. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2107.08128.pdf>
- Henderson, P., Li, X., Jurafsky, D., Hashimoto, T., Lemley, M. A. y Liang, P. (2023). *Foundation Models and Fair Use*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2303.15715.pdf>
- Hendrycks, D., Burns, C., Chen, A. y Ball, S. (2021). CUAD: an expert-annotated NLP dataset for legal contract review. *35th Conference on Neural Information Processing Systems Datasets and Benchmarks Track (Round 1)*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2103.06268.pdf>
- Hu, Z., Li, X., Liu, Z. y Sun, M. (2017). Few-shot charge prediction with discriminative legal attributes. En E. M. Bender, L. Derczynski y P. Isabelle (Eds.), *Proceedings of the 27th International Conference on Computational Linguistics* (pp. 487-498). Association for Computational Linguistics.
- Huang, J. y Chang, K. C.-C. (2023). Towards reasoning in large language models: a survey. *Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL 2023* (pp. 1.049-1.065). <https://aclanthology.org/2023.findings-acl.67.pdf>
- Huang, L., Yu, W., Ma, W., Zhong, W., Feng, Z., Wang, H., Chen, Q., Peng, W., Feng, X., Qin, B. y Liu, T. (2023). *A Survey on Hallucination in Large Language Models: Principles, Taxonomy, Challenges, and Open Questions*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2311.05232.pdf>
- Hughenoltz, P. B. y Quintais, J. P. (2021). Copyright and artificial creation: does EU copyright law protect AI-assisted output? *IIC. International Review of Intellectual Property and Competition Law*, 52, 1.190-1.216.
- IEEE. (2017). *The IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems*. <https://standards.ieee.org/wp-content/uploads/import/documents/other/ead1e.pdf>
- Jackson, P., Al-Kofahi, K., Tyrrell, A. y Vacher, A. (2003). Information extraction from case law and retrieval of prior cases. *Artificial Intelligence*, 150, 239-290.
- Janiesch, C., Zschech, P. y Heinrich, K. (2021). *Machine Learning and Deep Learning*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2104.05314.pdf>
- Jelinek, A. (2020). *Preguntas frecuentes sobre la sentencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea en el asunto C-311/18-Comisaria de Protección de Datos vs. Facebook Irlanda y Maximilian Schrems*. European Data Protection Board. <https://www.aepd.es/documento/faqs-sentencia-schrems-ii-es.pdf>
- Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., Ishii, E., Bang, Y., Dai, W., Madotto, A. y Fung, P. (2023). Survey of hallucination in natural language generation. *ACM Computing Surveys*, 55(12), 1-38. Association for Computing Machinery.
- Kalson, Z. (2022). The implications of ChatGPT and artificial intelligence in family law. *Family Lawyer Magazine*. <https://familylawyermagazine.com/chatgpt-and-artificial-intelligence-in-family-law/>
- Kandpal, N., Deng, H., Roberts, A., Wallace, E. y Raffel, C. (2023). Large language models struggle to learn long-tail knowledge. *Proceedings of the 40th International Conference on Machine Learning* (pp. 15.696-15.707). Association for Computing Machinery.
- Kang, C. y Choi, J. (2023). *Impact of Co-occurrence on Factual Knowledge of Large Language Models*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2310.08256.pdf>
- Katz, D. M., Bommarito, M. J. y Blackman, J. (2017). A general approach for predicting the behavior of the Supreme Court of the United States. *PLoS ONE*, 12(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174698>
- Katz, D. M., Bommarito, M. J., Gao, S. y Arredondo, P. D. (2023). *GPT-4 Passes the Bar*

- Exam. SSRN. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4389233](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4389233)
- Kaufman, A. R., Kraft, P. y Sen, M. (2019). Improving supreme court forecasting using boosted decision trees. *Political Analysis*, 27, 381-387.
- Kien, P. M., Nguyen, H. T., Bach, N. X., Tran, V., Nguyen, M. L. y Phuong, T. M. (2020). Answering legal questions by learning neural attentive text representation. En D. Scott, N. Bel y C. Zong (Eds.), *Proceedings of the 28th International Conference on Computational Linguistics* (pp. 988-998). International Committee on Computational Linguistics.
- Kojima, T., Gu, S. S., Reid, M., Matsuo, Y. e Iwasawa, Y. (2022). Large language models are zero-shot reasoners. *36th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2022)*.
- Kowsrihawatt, K., Vateekul, P. y Boonkwan, P. (2018). Predicting Judicial decisions of criminal cases from Thai Supreme Court using bi-directional GRU with attention mechanism. *5th Asian Conference on Defense Technology (ACDT)* (pp. 50-55). IEEE.
- Lee, K., Ippolito, D., Nystrom, A., Zhang, C., Eck, D., Callison-Burch, C. y Carlini, N. (2022). Deduplicating training data makes language models better. En S. Muresan, P. Nakov y A. Villavicencio (Eds.), *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (Vol. 1, Long Papers, pp. 8.424-8.445). Association for Computational Linguistics.
- Leivaditi, S., Rossi, J. y Kanoulas, E. (2020). *A Benchmark for Lease Contract Review*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2010.10386.pdf>
- Li, S., Li, X., Shang, L., Dong, Z., Sun, C., Liu, B., Ji, Z., Jiang, X. y Liu, Q. (2022). How pre-trained language models capture factual knowledge? A causal-inspired analysis. *Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL 2022* (pp. 720-1.732). Association for Computational Linguistics.
- Li, Y., Li, Z., Zhang, K., Dan, R., Jiang, S. y Zhang, Y. (2023). ChatDoctor: a medical chat model fine-tuned on a Large Language Model Meta-AI (LLaMA) using medical domain knowledge. *Cureus*, 15(6). <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2303/2303.14070.pdf>
- Lin, P. K. (2023). Retrofitting fair use: art & generative AI after Warhol. *Santa Clara Law Review*, 66, 1-31.
- Lin, S., Hilton, J. y Evans, O. (2022). TruthfulQA: measuring how models mimic human falsehoods. *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (Vol. 1, Long Papers, pp. 3.214-3.252). Association for Computational Linguistics.
- Lippi, M., Palka, P., Contissa, G., Lagioia, F., Micklitz, H.-W. Sartor, G. y Torroni, P. (2019). CLAUDETTE: an automated detector of potentially unfair clauses in online terms of service. *Artificial Intelligence and Law*, 27(2), 117-139. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10506-019-09243-2>
- Liu, Y., Iyer, D., Xu, Y., Wang, S., Xu, R. y Zhu, C. (2023). *G-EVAL: NLG Evaluation Using GPT-4 with Better Human Alignment*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2303.16634.pdf>
- Liu, N. F., Lin, K., Hewitt, J., Paranjape, A., Bevilacqua, M., Petroni, F. y Liang, P. (2023). *Lost in the Middle: How Language Models Use Long Contexts*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2307.03172>
- Locke, D. y Zuccon, G. (2022). Case law retrieval: accomplishments, problems, methods and evaluations in the past 30 years. *ACM Computing Surveys*, 1(1), 1-37. <https://arxiv.org/pdf/2202.07209.pdf>
- Lomas, N. (2019). *Researchers Spotlight the Lie of «Anonymous» Data*. TechCrunch. <https://techcrunch.com/2019/07/24/researchers-spotlight-the-lie-of-anonymous-data/>

- Long, S., Tu, C., Liu, Z. y Sun, M. (2019). Automatic judgment prediction via legal reading comprehension. En M. Sun, X. Huang, H. Ji, Z. Liu y Y. Liu (Eds.), *Chinese Computational Linguistics* (Vol. 11.856, pp. 558-572).
- Lovering, C. y Pavlick, E. (2022). Unit testing for concepts in neural networks. En B. Roark y A. Nenkova (Eds.), *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 10, 1.193-1.208.
- Luo, B., Feng, Y., Xu, J., Zhang, X. y Zhao, D. (2017). Learning to predict charges for criminal cases with legal basis. En M. Palmer, R. Hwa y S. Riedel (Eds.), *Proceedings of the 2017 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (pp. 2.727-2.736). Association for Computational Linguistics.
- Mallen, A., Asai, A., Zhong, V., Das, R., Khashabi, D. y Hajishirzi, H. (2023). When not to trust language models: investigating effectiveness of parametric and non-parametric memories. En A. Rogers, J. Boyd-Graber y N. Okazaki (Eds.), *Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (Vol. 1, Long Papers, pp. 9.802-9.822). Association for Computational Linguistics.
- Markovski, Y. (2023). *How Your Data is Used to Improve Model Performance*. OpenAI. <https://help.openai.com/en/articles/5722486-how-your-data-is-used-to-improve-model-performance>
- Maynez, J., Narayan, S., Bohnet, B. y McDonald, R. (2020). *On Faithfulness and Factuality in Abstractive Summarization*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2005.00661.pdf>
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N. y Shannon, C. E. (1955). *A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*. Stanford University. <http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>
- McKenna, N., Li, T., Cheng, L., Hosseini, M. J., Johnson, M. y Steedman, M. (2023). *Sources of Hallucination by Large Language Models on Inference Tasks*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2305.14552.pdf>
- Medvedeva, M., Vols, M. y Wieling, M. (2018). Judicial decisions of the European Court of Human Rights: looking into the crystal ball. *Proceedings of the Conference on Empirical Legal Studies in Europe 2018* (pp. 1-24). <https://martijnwieling.nl/files/Medvedeva-submitted.pdf>
- Medvedeva, M., Vols, M. y Wieling, M. (2020). Using machine learning to predict decisions of the European Court of Human Rights. *Artificial Intelligence and Law*, 28(2), 237-266.
- Mencia, E. L. y Furnkranzand, J. (2010). Efficient multilabel classification algorithms for large-scale problems in the legal domain. En E. Francesconi, S. Montemagni, W. Peters y D. Tiscornia (Eds.), *Semantic Processing of Legal Texts, Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 6.036, pp. 192-215). Springer.
- Meng, K., Sharma, A., Andonian, A., Beclinkov, Y. y Bau, D. (2023). *Mass-Editing Memory in a Transformer*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2210.07229.pdf>
- Merken, S. (2023). *New York Lawyers Sanctioned For Using Fake ChatGPT Cases in Legal Brief*. Reuters. <https://www.reuters.com/legal/new-york-lawyers-sanctioned-using-fake-chatgpt-cases-legal-brief-2023-06-22/>
- Min, S., Krishna, K., Lyu, X., Lewis, M., Yih, W.-T., Ko, P. W., Iyyer, M., Zettlemoyer, L. y Hajishirzi, H. (2023). *FACTSCORE: Fine-Grained Atomic Evaluation of Factual Precision in Long Form Text Generation*. <https://arxiv.org/pdf/2305.14251.pdf>
- Moore, P. V. (2023). *Inteligencia artificial en el entorno laboral. Desafíos para los trabaja-*

- dores. OpenMind BBVA. <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/inteligencia-artificial-en-entorno-laboral-desafios-para-trabajadores/>
- Mumcuoğlu, E., Öztürk, C. E. y Ozaktas, H. M. (2021). Natural language processing in law: prediction of outcomes in the higher courts of Turkey. *Information Processing & Management*, 58(5). <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2021.102684>
- Nallapati, R. y Manning, C. D. (2008). Legal docket-entry classification: where machine learning stumbles. *Proceedings of the 2008 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (pp. 438-446). Association for Computational Linguistics.
- Navarro, E. (2023). *How can ChatGPT impact legal services?* Consejo General de la Abogacía Española.
- Niklaus, J., Chalkidis, I. y Stürmer, M. (2021). *Swiss-Judgment-Prediction: A Multilingual Legal Judgment Prediction Benchmark*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2110.00806.pdf>
- Nye, M., Andreassen, A. J., Gur-Ari, G., Michalewski, H., Austin, J., Bieber, D., Dohan, D., Lewkowycz, A., Bosma, M., Luan, D., Sutton, C. y Odena, A. (2022). *Show Your Work: Scratchpads for Intermediate Computation with Language Models*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2112.00114.pdf>
- OCDE. (2019). *Recommendation of the Council on OECD Legal Instruments Artificial Intelligence*.
- OMPI. (2020). *Versión revisada del documento temático sobre las políticas de propiedad intelectual y la inteligencia artificial*.
- OMPI. (2021). *WIPO Conversation on Intellectual Property (IP) and Artificial Intelligence (AI): Third Session*.
- Onoe, Y., Zhang, M., Choi, E. y Durrett, G. (2022). Entity cloze by date: what LMs know about unseen entities. En M. Carpuat, M.-C. de Marneffe e I. V. Meza Ruiz (Eds.), *Findings of the Association for Computational Linguistics: NAACL 2022* (pp. 693-702).
- OpenAI. (s. f.). *OpenAI Personal Data Removal Request*.
- OpenAI. (2019). *Request for Comment on Intellectual Property Protection for Artificial Intelligence Innovation, PTO-C-2019-0038*. United States Patent and Trademark Office. Department of Commerce.
- OpenAI. (2023a). *Condiciones de uso*. <https://openai.com/policies/terms-of-use>
- OpenAI. (2023b). *Custom Instructions for ChatGPT*. <https://openai.com/blog/custom-instructions-for-chatgpt>
- OpenAI. (2023c). *GPT-4 Technical Report*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2303.08774.pdf>
- OpenAI. (2023d). *Política de privacidad*. <https://openai.com/policies/privacy-policy>
- OpenAI. (2023e). *Política de privacidad para la UE*. <https://openai.com/es/policies/eu-privacy-policy>
- OpenAI. (2024a). *Enterprise Privacy at OpenAI*. <https://openai.com/enterprise-privacy>
- OpenAI. (2024b). *Usage Policies*. <https://openai.com/policies/usage-policies>
- OpenAI. (2024c). *How ChatGPT and Our Language Models Are Developed*. <https://help.openai.com/en/articles/7842364-how-chatgpt-and-our-language-models-are-developed>
- OpenAI. (2024d). *OpenAI Personal Data Removal Request*. [https://share.hsforms.com/1UPy6xqxZSEqTrGDh4ywo\\_g4sk30](https://share.hsforms.com/1UPy6xqxZSEqTrGDh4ywo_g4sk30)
- OpenAI. (2024e). *OpenAI Privacy Request Portal*. <https://privacy.openai.com/policies?name=open-ai-privacy-request-portal#privacy-practices>

- OpenAI. (2024f). *Data Processing Addendum*. <https://openai.com/policies/data-processing-addendum>
- Ouyang, L., Wu, J., Almeida, D., Wainwright, C. L., Mishkin, P., Zhang, C., Agarwal, S., Slama, K., Ray, A., Schulman, J., Hilton, J., Kelton, F., Miller, L., Simens, M., Askell, A., Welinder, P., Christiano, P., Leike, J. y Lowe, R. (2022). *Training Language Models to Follow Instructions with Human Feedback*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2203.02155.pdf>
- Parlamento Europeo. (2020). *Resolución del Parlamento Europeo, de 20 de octubre de 2020, sobre los derechos de propiedad intelectual para el desarrollo de las tecnologías relativas a la inteligencia artificial*. [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2020-0277\\_ES.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2020-0277_ES.html)
- Patil, V., Hase, P. y Bansal, M. (2023). *Can Sensitive Information Be Deleted from LLMs? Objectives for Defending Against Extraction Attacks*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2309.17410.pdf>
- Perlman, A. (2023). *The Implications of ChatGPT for Legal Services and Society*. Center on the Legal Profession. Harvard Law School. <https://clp.law.harvard.edu/knowledge-hub/magazine/issues/generative-ai-in-the-legal-profession/the-implications-of-chatgpt-for-legal-services-and-society/>
- Pu, D. y Demberg, V. (2023). ChatGPT vs. human-authored text: insights into controllable text summarization and sentence style transfer. En V. Padmakumar, G. Vallejo y Y. Fu (Eds.), *Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (pp. 1-18). Association for Computational Linguistics. <https://aclanthology.org/2023.acl-srw.1/>
- PwC. (2023). *PwC Announces Strategic Alliance with Harvey, Positioning PwC's Legal Business Solutions at the Forefront of Legal Generative AI*. <https://www.pwc.com/gx/en/news-room/press-releases/2023/pwc-announces-strategic-alliance-with-harvey-positioning-pwcs-legal-business-solutions-at-the-forefront-of-legal-generative-ai.html>
- Radford, A., Wu, J., Child, R., Amodei, D. y Sutskever, I. (2019). *Language Models are Unsupervised Multitask Learners*. <https://insightcivic.s3.us-east-1.amazonaws.com/language-models.pdf>
- Rajani, N. F., McCann, B., Xiong, C. y Socher, R. (2019). Explain yourself! Leveraging language models for commonsense reasoning. En A. Korhonen, D. Traum y L. Màrquez (Eds.), *Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (pp. 4.932-4.942).
- Raji, I. D., Smart, A., White, R. N., Mitchell, M., Gebru, T., Hutchinson, B., Smith-Loud, J., Theron, D. y Barners, P. (2020). *Closing the AI Accountability Gap: Defining an End-to-End Framework for Internal Algorithmic Auditing*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2001.00973.pdf>
- Ravichander, A., Black, A. W., Wilson, S., Norton, T. y Sadeh, N. (2019). Question answering for privacy policies: combining computational and legal perspectives. En K. Iniu, J. Jiang, V. Ng y X. Wan (Eds.), *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP)* (pp. 4.947-4.958). Association for Computational Linguistics.
- Rincón, G. (2023). *El uso de la inteligencia artificial por la Administración Tributaria: ¿quién vigila a los vigilantes?* Garrigues. [https://www.garrigues.com/es\\_ES/garrigues-digital/uso-inteligencia-artificial-administracion-tributaria-quien-vigila-vigilantes](https://www.garrigues.com/es_ES/garrigues-digital/uso-inteligencia-artificial-administracion-tributaria-quien-vigila-vigilantes)
- Roberts, G. (2022). *AI Training Datasets: The Books1+Books2 that Big AI Eats for Breakfast*. Vision of Freedom. <https://gregoreite.com/drilling-down-details-on-the-ai-training-datasets/>

- Ruger, T. W., Kim, P. T., Martin, A. D. y Quinn, K. M. (2004). The Supreme Court forecasting project: legal and political science approaches to Supreme Court decision-making. *Columbia Law Review*, 104(4), 1.150-1.210.
- Sánchez, L. (2023). Francesc Muñoz: «Estoy convencido de que la IA Generativa hará a los abogados mejores». *Economist & Jurist*. <https://www.economistjurist.es/zbloque-1/francesc-munoz-estoy-convencido-de-que-la-ia-generativa-hara-a-los-abogados-mejores/>
- Sánchez Aristi, R., Pérez Marcilla, M. y Andoni Eguiluz, J. (2023). *El desarrollo de sistemas de inteligencia artificial y la posible infracción de derechos de autor*. Cuatrecasas. <https://www.cuatrecasas.com/es/spain/art/el-desarrollo-de-sistemas-de-inteligencia-artificial-y-la-posible-infraccion-de-derechos-de-autor>
- Sartor, G. (2020). *The Impact of the General Data Protection Regulation (GDPR) on Artificial Intelligence*. European Parliamentary Research Service.
- Savelka, J., Gray, M. A. y Westermann, H. (2023). *Explaining Legal Concepts with Augmented Large Language Models (GPT-4)*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2306.09525.pdf>
- Schulman, J., Wolski, F., Dhariwal, P., Radford, A. y Klimov, O. (2017). *Proximal Policy Optimization Algorithms*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/1707.06347.pdf>
- Sellick, M. (2022). *Can AI Replace Patent Attorneys?* HGF. <https://www.hgf.com/news/can-ai-replace-patent-attorneys/>
- Silva, D. de y Alahakoon, D. (2021). *An Artificial Intelligence Life Cycle: From Conception to Production*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2108.13861.pdf>
- Singhal, K., Tu, T., Gottweis, J., Sayres, R., Wulczyn, E., Hou, L., Clark, K., Pfohl, S., Cole-Lewis, H., Neal, D., Schaeckermann, M., Wang, A., Amin, M., Lachgar, S., Mansfield, P., Prakash, S., Green, B., Dominowska, E., Aguera y Arcas, B., ... y Natarajan, V. (2023). *Towards Expert-Level Medical Question Answering with Large Language Models*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2305.09617.pdf>
- Strickson, B. e Iglesia, B. de la. (2020). Legal judgement prediction for UK Courts. *ICISS '20: Proceedings of the 3rd International Conference on Information Science and Systems*. Association for Computing Machinery.
- Șulea, O.-M.<sup>a</sup>, Zampieri, M., Vela, M. y Genabith, J. van. (2017). Predicting the law area and decisions of french supreme court cases. En R. Mitkov y G. Angelova (Eds.), *Proceedings of the International Conference Recent Advances in Natural Language Processing (RANLP 2017)* (pp. 716-722). Incoma.
- Thompson, A. (2022). *What's in my AI?* Life Architect. <https://lifearchitect.ai/whats-in-my-ai/>
- Tiersma, P. M. (1999). *Legal Language*. The University of Chicago Press.
- Touvron, H., Martin, L., Stone, K., Albert, P., Almahairi, A., Babaei, Y., Bashlykov, N., Batra, S., Bhargava, P., Bhosale, S., Bikel, D., Blecher, L., Canton Ferrer, C., Chen, M., Cucurull, G., Esiobu, D., Fernandes, J., Fu, J., Fu, W., ... y Scialom, T. (2023). *Llama 2: Open Foundation and Fine-Tuned Chat Models*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2307.09288.pdf>
- Tran, V., Le Nguyen, M. y Satoh, K. (2019). Building legal case retrieval systems with lexical matching and summarization using a pre-trained phrase scoring model. *Proceedings of the Seventeenth International Conference on Artificial Intelligence and Law, ICAIL '19* (pp. 275-282).
- Tribunal de Justicia de la Unión Europea. (16 de julio de 2009). *Infopaq International A/S y Danske Dagblades Forening*, C5/08.

- Tuggener, D., Däniken, P. von, Peetz, T. y Cieli-ebak, M. (2020). LEDGAR: a large-scale multi-label corpus for text classification of legal provisions in contracts. En N. Calzoni, F. Béchet, P. Blache, K. Choukri, C. Cieri, T. Declerck, S. Goggi, H. Isahara, B. Maegaard, J. Mariani, H. Mazo, A. Moreno, J. Odijk y S. Piperidis (Eds.), *Proceedings of the Twelfth Language Resources and Evaluation Conference* (pp. 1.235-1.241). European Language Resources Association.
- United States Court Appeals. (13 de septiembre de 1989). *SOS, Inc. v. Payday, Inc.* 886 F.2d 1081 (9th Cir. 1989).
- United States Court of Appeals. (6 de febrero de 2002). *Kelly v. Arriba Soft Corp.* 280 F.3d 934 (9th Cir. 2002).
- United States District Court. (19 de septiembre de 2023). *Author's Guild v. OpenAI Inc.* (1:23-cv-08292). Southern District of New York.
- Urchs, S., Mitrovic, J. y Granitzer, M. (2021). Design and implementation of german legal decision corpora. En A. P. Rocha, L. Steel y J. van den Herik (Eds.), *Proceedings of the 13th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, ICAART* (Vol. 2, pp. 515-521).
- USCO. (2022). *Second Request for Reconsideration for Refusal to Register A Recent Entrance to Paradise (Correspondence ID 1-3ZPC6C3; SR # 1-7100387071)*. <https://www.copyright.gov/rulings-filings/review-board/docs/a-recent-entrance-to-paradise.pdf>
- USCO. (2023a). *Copyright Registration Guidance: Works Containing Material Generated by Artificial Intelligence*. Library of Congress.
- USCO. (2023b). *Zarya of the Dawn (# VAu001 480196)*. <https://www.copyright.gov/docs/zarya-of-the-dawn.pdf>
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N. y Kaiser, Ł. (2017). Attention is all you need. *31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017)*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/1706.03762.pdf>
- Virtucion, M. B., Aborot, J. A., Abonita, J. K., Aviñate, R., Copino, R. J. B., Neverida, M. P., Osiana, V. O., Peramo, E. C., Syjuco, J. G. y Tan, G. B. A. (2018). Predicting decisions of the philippine supreme court using natural language processing and machine learning. *2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)* (pp. 130-135). IEEE.
- Wang, X., Wei, J., Schuurmans, D., Le, Q., Chi, E. H., Narang, S., Chowdhery, A. y Zhou, D. (2023). *Self-Consistency Improves Chain of Thought Reasoning in Language Models*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2203.11171.pdf>
- Wei, J., Bosma, M., Zhao, V. Y., Guu, K., Wei Yu, A., Lester, B., Du, N., Dai, A. M. y Le, Q. V. (2022). *Finetuned Language Models are Zero-Shot Learners*. <https://openreview.net/pdf?id=gEZrGCozdqR>
- Wei, J., Wang, X., Schuurman, D., Bosma, M., Ichter, B., Xia, F., Chi, E. H., Le, Q. V. y Zhou, D. (2022). *Chain-of-Thought Prompting Elicits Reasoning in Large Language Models*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2201.11903.pdf>
- White, J., Fu, Q., Hays, S., Sandborn, M., Olea, C., Gilbert, H., Elnashar, A., Spencer-Smith, J. y Schmidt, D. C. (2023). *A Prompt Pattern Catalog to Enhance Prompt Engineering with ChatGPT*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2302.11382.pdf>
- White, J., Hays, S., Fu, Q., Spencer-Smith, J. y Schmidt, D. C. (2023). *ChatGPT Prompt Patterns for Improving Code Quality, Refac-*

- toring, Requirements Elicitation, and Software Design. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2303.07839.pdf>
- Williams, C. (2005). *Tradition and Change in Legal English. Verbal Constructions in Prescriptive Texts*. Peter Lang Publishing.
- World Economic Forum. (2023). *Satya Nadella Says AI Golden Age Is Here and «It's Good for Humanity»*. <https://www.weforum.org/press/2023/01/satya-nadella-says-ai-golden-age-is-here-and-it-s-good-for-humanity>
- Xiao, C., Zhong, H., Guo, Z., Tu, C., Liu, Z., Sun, M., Feng, Y., Han, X., Hu, Z., Wang, H. y Xu, J. (2018). *CAIL2018: A Large-Scale Legal Dataset for Judgment Prediction*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/1807.02478.pdf>
- Xu, C., Sun, Q., Zheng, K., Geng, X., Zhao, P., Feng, J., Tao, C., Lin, Q. y Jiang, D. (2023). *WizardLM: Empowering Large Language Models to Follow Complex Instructions*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2304.12244.pdf>
- Yang, W., Jia, W., Zhou, X. y Luo, Y. (2019). Legal judgment prediction via multi-perspective bi-feedback network. *Proceedings of the Twenty-Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-19)* (pp. 4.085-4.091).
- Ye, H., Jiang, X., Luo, Z. y Chao, W. (2018). Interpretable charge predictions for criminal cases: learning to generate court views from fact descriptions. *Proceedings of NAACL-HLT 2018* (pp. 1.854-1.864). <https://aclanthology.org/N18-1168.pdf>
- Ye, H., Liu, T., Zhang, A., Hua, W. y Jia, W. (2023). *Cognitive Mirage: A Review of Hallucinations in Large Language Models*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2309.06794.pdf>
- Yu, F., Quartey, L. y Schilder, F. (2022). *Legal Prompting: Teaching a Language Model to Think Like a Lawyer*. <https://arxiv.org/pdf/2212.01326.pdf>
- Zaheer, M., Guruganesh, G., Dubey, A., Ainslie, J., Alberti, C., Ontanon, S., Pham, P., Ravula, A., Wang, Q., Yang, Li y Ahmed, A. (2021 ). Big bird: transformers for longer sequences. *34th Conference on Neural Information Processing Systems* (pp. 17.283-17.297). arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2007.14062.pdf>
- Zahn, M. (2023). *Authors' lawsuit against OpenAI Could «Fundamentally Reshape» Artificial Intelligence, According to Experts*. ABC News. <https://abcnews.go.com/Technology/authors-lawsuit-openai-fundamentally-reshape-artificial-intelligence-experts/story?id=103379209>
- Zelikman, E., Wu, Y., Mu, J. y Goodman, N. D. (2022). *STaR: Bootstrapping Reasoning with Reasoning*. <https://arxiv.org/abs/2203.14465>
- Zeng, A., Liu, X., Du, Z., Wang, Z., Lai, H., Ding, M., Yang, Z., Zheng, W., Xia, X., Tam, W. L., Ma, Z., Xue, Y., Zhai, J., Chen, W., Liu, Z., Zhang, P., Dong, Y. y Tang, J. (2023). GLM-130B: an open bilingual pre-trained model. *The Eleventh International Conference on Learning Representations, ICLR 2023*. <https://openreview.net/pdf?id=-AwOrrrPUF>
- Zhang, S., Dong, L., Li, X., Zhang, S., Sun, X., Wang, S., Li, J., Hu, R., Zhang, T., Wu, F. y Wang, G. (2023). *Instruction Tuning for Large Language Models: A Survey*. <https://arxiv.org/pdf/2308.10792.pdf>
- Zhang, B. H., Lemoine, B. y Mitchell, M. (2018). *Mitigating Unwanted Biases with Adversarial Learning*. <https://arxiv.org/pdf/1801.07593.pdf>
- Zhang, Y., Li, Y., Cui, L., Cai, D., Liu, L., Fu, T., Huang, X., Zhao, E., Zhang, Y., Chen, Y., Wang, L., Luu, A. T., Bi, W., Shi, F. y Shi, S. (2023). *Siren's Song in the AI Ocean: A Survey on Hallucination in Large Language Models*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2309.01219.pdf>

- Zhang, M., Press, O., Merrill, W., Liu, A. y Smith, N. A. (2023). *How Language Model Hallucinations Can Snowball*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2305.13534.pdf>
- Zhang, S., Roller, S., Goyal, N., Artetxe, M., Chen, M., Chen, S., Dewan, C., Diab, M., Li, X., Lin, X. V., Mihaylov, T., Ott, M., Shleifer, S., Shuster, K., Simig, D., Koura, P. S., Sridhar, A., Wang, T. y Zettlemoyer, L. (2022). *OPT: Open Pre-trained Transformer Language Models*. <https://arxiv.org/pdf/2205.01068.pdf>
- Zheng, S., Huang, J. y Chan, K. C.-C. (2023). *Why Does ChatGPT Fall Short in Providing Truthful Answers?* <https://arxiv.org/pdf/2304.10513.pdf>
- Zhong, H., Guo, Z., Tu, C., Xiao, C., Liu, Z. y Sun, M. (2018). Legal judgment prediction via topological learning. En E. Riloff, D. Chiang, J. Hockenmaier y J. Tsujii (Eds.), *Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (pp. 3.540-3.549). Association for Computational Linguistics.
- Zhong, H., Wang, Y., Tu, C., Zhang, T., Liu, Z. y Sun, M. (2020). Iteratively questioning and answering for interpretable legal judgment prediction. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 34(01), 1.250-1.257.
- Zhong, H., Xiao, C., Tu, C., Zhang, T., Liu, Z. y Sun, M. (2020). How does NPL benefit legal system: a summary of legal artificial intelligence. En D. Jurafsky, J. Chai, N. Schluter y J. Tetreault (Eds.), *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (pp. 5.218-5.230). Association for Computational Linguistics.

**Francisco Julio Dosal Gómez.** Abogado especialista en derecho internacional de los negocios, arbitraje internacional y derecho internacional de la construcción. Graduado en Derecho por la Universidad de Cantabria (España) y LLM en Derecho Internacional de los Negocios por el Centro de Estudios Garrigues (España). Miembro del Club Español e Iberoamericano del Arbitraje (CEIA) y del Young International Council for Commercial Arbitration (ICCA). En 2023 publicó su artículo titulado «El Dispute Avoidance Adjudication Board en la Rainbow Suite FIDIC de 2017: funcionamiento del sistema de asistencia informal y del sistema de resolución de disputas» en la *Newsletter Dispute Boards* del Club Español e Iberoamericano del Arbitraje (núm. 2, pp. 25-42).

**Judith Nieto Galende.** Abogada especialista en derecho internacional de los negocios y M&A. Doble grado en Derecho y Administración y Dirección de Empresas por la Universidad Autónoma de Madrid (España) y LLM en Derecho Internacional de los Negocios por el Centro de Estudios Garrigues (España). Miembro de la International Bar Association, del Club Español e Iberoamericano del Arbitraje (CEIA) y del Young International Council for Commercial Arbitration (ICCA). Tras su paso por el área legal de M&A, actualmente trabaja en un fondo de inversiones británico especializado en energías renovables denominado WiseEnergy y cuenta con más de un año de experiencia laboral tanto a nivel nacional como internacional asesorando a clientes en el ámbito legal y financiero.

**Contribución de autores.** F. J. D. G. y J. N. G. han participado a partes iguales en la elaboración de este estudio de investigación.

# La tutoría virtual en la formación de profesionales de la educación durante la pandemia

**Gladis Ivette Chan Chi** (autora de contacto)

*Profesora en la Facultad de Educación de la Universidad Autónoma de Yucatán (Mérida, México)*  
[ivette.chan@correo.uady.mx](mailto:ivette.chan@correo.uady.mx) | <https://orcid.org/0000-0001-7885-8136>

**Juanita Rodríguez Pech**

*Profesora en la Facultad de Educación de la Universidad Autónoma de Yucatán (Mérida, México)*  
[ropech@correo.uady.mx](mailto:ropech@correo.uady.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-9124-5382>

**Marisa Zaldívar Acosta**

*Profesora en la Facultad de Educación de la Universidad Autónoma de Yucatán (Mérida, México)*  
[marisa.zaldivar@correo.uady.mx](mailto:marisa.zaldivar@correo.uady.mx) | <https://orcid.org/0000-0001-8936-0587>

## Extracto

La pandemia provocada por la COVID-19 originó el traslado de los servicios de tutoría a la modalidad virtual, modificando la función del profesor-tutor (hombre o mujer) con el propósito de continuar brindando acompañamiento al estudiantado. El presente estudio analiza la importancia de la función tutorial en la modalidad virtual en tiempos de pandemia desde la perspectiva del alumnado de un posgrado de formación de profesionales de la educación. La investigación fue de corte cualitativo y de diseño fenomenológico. Los datos se analizaron a partir de la técnica de análisis de contenido y se establecieron cinco ejes de análisis: 1) Funciones; 2) Fortalezas del profesor-tutor; 3) Condiciones que apoyan la acción tutorial; 4) Áreas de atención; y 5) Aspectos de mejora. Los resultados mostraron que el profesor-tutor desempeñó funciones de acompañamiento y asesoría; que los saberes, las habilidades, la experiencia profesional y de investigación, el compromiso, la empatía y las actitudes positivas fueron fortalezas que les permitieron crear las condiciones para atender a las diferentes áreas del estudiantado; y, finalmente, que los tiempos de respuesta a los mensajes del correo electrónico debían agilizarse, así como la necesidad de destinar mayor tiempo a la atención estudiantil según los aspectos que se abordan. Se concluye que la tutoría en modalidad virtual empleada durante la pandemia brindó continuidad al proceso tutorial como parte de la formación y motivó a los educandos a seguir con sus estudios a pesar de la incertidumbre y los obstáculos a los que se enfrentaron, de ahí la importancia de diseñar programas de intervención para fortalecer la dimensión personal de los tutores y brindar herramientas para la acción tutorial.

**Palabras clave:** tutoría; profesor-tutor; acción tutorial; modalidad virtual; formación docente; posgrado; educación en situación de emergencia.

Recibido: 30-06-2023 | Aceptado: 23-11-2023 | Publicado: 06-05-2024

**Cómo citar:** Chan Chi, G. I., Rodríguez Pech, J. y Zaldívar Acosta, M. (2024). La tutoría virtual en la formación de profesionales de la educación durante la pandemia. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 89-114. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.19293>

# Virtual tutoring in the education professionals training throughout pandemic

**Gladis Ivette Chan Chi** (corresponding author)

*Profesora en la Facultad de Educación de la Universidad Autónoma de Yucatán (Mérida, México)*  
ivette.chan@correo.uady.mx | <https://orcid.org/0000-0001-7885-8136>

**Juanita Rodríguez Pech**

*Profesora en la Facultad de Educación de la Universidad Autónoma de Yucatán (Mérida, México)*  
ropech@correo.uady.mx | <https://orcid.org/0000-0002-9124-5382>

**Marisa Zaldívar Acosta**

*Profesora en la Facultad de Educación de la Universidad Autónoma de Yucatán (Mérida, México)*  
marisa.zaldivar@correo.uady.mx | <https://orcid.org/0000-0001-8936-0587>

## Abstract

The COVID-19 pandemic forced the tutorial services to be moved into a virtual modality, which led to the teacher-tutor (man and woman) functions only with the purpose of continuing to provide support to the students. This actual research analyzes the importance of the tutorial function based on virtual modality throughout the pandemic period from the perspective of graduate education professionals training students. The research was set over a qualitative level and phenomenological design. Data was analyzed from a content analysis technique and five analysis axes was established: 1) Functions; 2) Teacher-tutor strengths; 3) Environmental conditions that support the tutorial action; 4) Attention areas; and 5) Aspects to be improved. The findings show that teacher-tutor managed attendance and advisory activities; skills and professional expertise, as well as researching, commitment, empathy and positive attitude knowledge was the main strengths that allowed teacher-tutors to create the optimal conditions in order to attend the different students' related areas; and, finally, the period of time for answering e-mail messages should be speeded up, as well as to dedicate more time to student's attendance according their features to be addressed. It is concluded that the virtual-mode tutoring used during the pandemic period contributed to their training process, motivating students to keep going throughout their learning process despite of the imposed uncertainty and obstacles to be faced. Hence, the importance of intervention programs designing in order to strength the personal dimension of tutors and provide useful tools for the tutorial field of action.

**Keywords:** tutoring; tutor teacher; tutorial actions; virtual mode; teaching training; postgraduate; education in emergencies.

Received: 30-06-2023 | Accepted: 23-11-2023 | Published: 06-05-2024

**Citation:** Chan Chi, G. I., Rodríguez Pech, J. and Zaldívar Acosta, M. (2024). Virtual tutoring in the education professionals training throughout pandemic. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 89-114. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.19293>

## Sumario

1. Introducción
    - 1.1. La tutoría virtual en la formación a nivel posgrado
  2. Objetivo
  3. Método
  4. Resultados
    - 4.1. Funciones del profesor-tutor
      - 4.1.1. Acompañamiento
      - 4.1.2. Asesoría
    - 4.2. Fortalezas del profesor-tutor
      - 4.2.1. Académicas
      - 4.2.2. Profesionales
      - 4.2.3. Personales
    - 4.3. Condiciones que apoyan la acción tutorial
      - 4.3.1. Flexibilidad de horarios para las sesiones de tutoría
      - 4.3.2. Medios de comunicación digital
        - 4.3.2.1. Recursos síncronos
        - 4.3.2.2. Recursos asíncronos
    - 4.4. Áreas de atención
      - 4.4.1. Área de atención escolar
      - 4.4.2. Área de atención de situaciones personales
    - 4.5. Aspectos de mejora
      - 4.5.1. Tiempo de respuesta al correo electrónico
      - 4.5.2. Mayor tiempo destinado a las sesiones de tutoría
  5. Discusión
  6. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

**Nota:** las autoras del artículo declaran que todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de este estudio de investigación se han realizado de conformidad con las leyes y directrices institucionales pertinentes.

## 1. Introducción

La pandemia provocada por la COVID-19 obligó a implementar medidas de confinamiento y distanciamiento social con el objetivo principal de preservar la vida de la población. Como resultado, las autoridades educativas tomaron la decisión de cerrar todas las instalaciones físicas de los centros educativos, desde el nivel básico hasta el superior. Además, se emitieron instrucciones para implementar prácticas pedagógicas emergentes que permitieran mantener el proceso de enseñanza y aprendizaje a través de medios virtuales (Morales Bonilla y Bustamante Peralta, 2021). Esto implicó que tanto estudiantes como profesores tuvieran que adaptarse a esta nueva forma de educación, llevando a cabo sus actividades desde sus hogares.

En este contexto, adquirió una gran importancia la creación de redes de colaboración entre los profesores, con el objetivo de compartir experiencias y opiniones sobre las diferentes formas de enseñanza, así como los desafíos que la emergencia sanitaria planteaba para la educación (Niño Carrasco *et al.*, 2021). Esto se hizo necesario para poder emplear métodos diversos que permitieran mantener la continuidad del proceso de aprendizaje de los estudiantes, al mismo tiempo que se les escuchaba y se les brindaba el apoyo emocional que les permitiera hacer frente a las diversas situaciones que fueron surgiendo en este escenario pandémico sin precedentes a nivel mundial. Como señala Yucra Mamani (2021), los estudiantes se enfrentaron a situaciones de estrés, temor al contagio y consecuencias económicas y socioemocionales, por lo que era fundamental ofrecerles un acompañamiento adecuado.

En esta misma línea, Mendieta Pedroso (2020) asegura que, ante el desafío que representó la emergencia sanitaria por COVID-19, los educandos tuvieron que hacer frente a una sobrecarga académica, lo que les hizo vulnerables al estrés. En concordancia, Angulo Moreno y Urbina Barrera (2021) manifiestan que las tutorías recobraron su importancia, al convertirse en el medio que brindó la posibilidad de atender las consecuencias que se derivaron de las situaciones socioemocionales, económicas y tecnológicas, entre otras que surgieron de la citada emergencia sanitaria.

Por esta razón, las dimensiones personal, familiar y, por consiguiente, académica se vieron afectadas, siendo la tutoría una alternativa para mitigar los problemas, y brindar apoyo académico y emocional a los estudiantes, lo que mostró la inminente necesidad de que, además de dar continuidad al proceso formativo, se garantizaran los procesos de acompañamiento individualizado a través de la tutoría. A nivel superior, Pérez Méndez *et al.* (2022) afirman que el tutor contribuye al fortalecimiento de los valores y las habilidades socioemo-

cionales del alumnado y, en posgrado, García Núñez *et al.* (2019) aseguran que la tutoría es un proceso a partir del cual el estudiante recibe orientación y apoyo por parte del docente con el propósito de contribuir en su formación integral.

Desde esta perspectiva, es evidente que la labor tutorial desempeñó un papel fundamental a la hora de garantizar un acompañamiento óptimo para la integración, adaptación, permanencia y finalización de los estudios de posgrado durante la pandemia. De acuerdo con Cancela García *et al.* (2021), esta situación planteó nuevos desafíos para la tutoría, ya que tuvo que ser impartida desde el hogar. Por lo tanto, es imprescindible reconocer que la acción tutorial experimentó una transformación significativa debido a la situación pandémica, puesto que el uso de un modelo virtual permitió romper las barreras espaciotemporales, aumentar la asistencia del estudiantado a las reuniones y que el profesor-tutor se sintiera cómodo y satisfecho al contar con la capacitación y los medios requeridos para atender una variedad de solicitudes bajo esta modalidad (Hernández-Amorós *et al.*, 2021).

A partir de lo mencionado anteriormente, las instituciones educativas implementaron estrategias con el propósito de mantener una constante comunicación entre tutores y estudiantes a través de medios como Zoom, Google Meet, Microsoft Teams y redes sociales (Díaz Roldán, 2021). En concordancia, Yucra Mamani (2021) realizó un estudio cuyo objetivo fue analizar la importancia de la tutoría universitaria en el contexto de la pandemia y, entre los resultados, encontró que fue posible brindar continuidad a los procesos de tutoría mediante la virtualidad empleando herramientas para videoconferencias, como Google Meet y Cisco Webex, así como dispositivos móviles y aplicaciones de mensajería (Facebook y WhatsApp).

Esta misma autora señalaba en su estudio que los educandos brindan importancia a los procesos de tutoría, puesto que, a través de ella, reciben guía, apoyo, orientación y acompañamiento, razón por la cual demandan que sus tutores sean profesionales con un perfil de asesoría e incluso de orientación psicológica.

Además de lo mencionado anteriormente, Yoctun Cabrera y Cueva Valladolid (2022) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de identificar las acciones que los tutores realizaban a través de diversos canales virtuales. El estudio concluye que el tutor desempeña el papel de guía, facilitador y enlace entre el estudiante y el proceso de aprendizaje. En este sentido, el tutor se convierte en un actor clave en la construcción de aprendizajes significativos, al tiempo que busca mantener la motivación de los estudiantes desde el comienzo hasta el final del curso, enseñándoles cómo aprender a aprender.

En función de todo lo anterior, en este artículo presentamos los resultados de un estudio de investigación realizado en el sureste de México con estudiantes de un posgrado enfocado en la formación de profesionales de la educación acerca de la acción tutorial desarrollada por sus profesores.

## 1.1. La tutoría virtual en la formación a nivel posgrado

La tutoría constituye un elemento clave en la formación integral del estudiantado de posgrado, ya que, en México, los estudios de este nivel reconocidos por el Sistema Nacional de Posgrados (SNP) del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología deben contar con un programa de tutoría que permita documentar el proceso de formación de los educandos durante sus estudios (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías [CONACYT], 2021).

Como consecuencia de lo anterior, se puede determinar que la tutoría constituye un proceso de acompañamiento y seguimiento del estudiante. También busca ser un apoyo a la hora de tomar decisiones sobre la elección de asignaturas, en la carga académica, en la movilidad o en otros aspectos referentes a su tránsito por el programa educativo (Modelo Educativo para la Formación Integral [MEFI], 2022).

Por lo tanto, dado que la tutoría es una pieza fundamental en los procesos de formación, durante la pandemia se hizo necesario pasar de un modelo de tutoría presencial a un modelo de tutoría virtual para continuar garantizando el acompañamiento y el seguimiento de la trayectoria académica. Dicho modelo, basado en la comunicación síncrona y asíncrona, empleaba herramientas para videoconferencias y mensajería instantánea.

En este sentido, Velásquez Monroy (2020) argumenta que la tutoría virtual fundamenta su quehacer en el proceso de acompañamiento en el aprendizaje y, para ello, combina metodologías buscando fortalecer la educación. Es por ello que, durante la pandemia, la labor tutorial fue soportada por elementos tecnológicos que trajeron consigo cambios en la dinámica institucional, al tiempo que se logró contar con entornos educativos modernos y flexibles debido a los avances en el manejo de las tecnologías (Pérez Méndez *et al.*, 2022).

En concordancia, según Santana Esparza y Barrera Silva (2021), el tránsito al modelo de tutoría virtual requirió adaptarse a las necesidades tecnológicas del profesorado con la finalidad de que este colectivo continuara desempeñando su labor en el acompañamiento y en el seguimiento permanente e íntegro de los aspectos educativos y emocionales de los estudiantes, siendo esencial el establecimiento de la confianza. En esta misma línea, Vales García *et al.* (2009) declaran que el trabajo del tutor a distancia también implica su forma de actuar como mediador entre el profesorado, los cursos y el estudiantado, de manera que resulta ser una labor de primer orden.

Lo hasta aquí expuesto permite comprender que los servicios de tutoría a nivel posgrado fueron aspectos claves para continuar garantizando la formación integral durante la pandemia, puesto que no resultó suficiente seguir con las clases síncronas, empleando las diferentes herramientas de internet, sino que también fue necesario proporcionar atención para la prevención y el apoyo emocional del estudiantado ante las consecuencias derivadas de la crisis sanitaria, que indudablemente impactaron en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## 2. Objetivo

Este estudio de investigación tuvo como objetivo analizar las características de la función tutorial en la modalidad virtual en tiempos de pandemia desde la perspectiva de los estudiantes de un posgrado de formación de profesionales de la educación en el sureste de México.

## 3. Método

Esta investigación es de corte cualitativo y se utilizó un diseño fenomenológico que, según Castillo Sanguino (2021), se centra en el estudio de las experiencias que viven las personas. Para ello, la selección de los participantes estuvo conformada por 30 profesionales de la educación que cursaban un posgrado con el propósito de profesionalizar su labor. Los criterios de inclusión fueron ser estudiante regular de un programa educativo de posgrado en el área de educación y tener asignado un profesor-tutor (hombre o mujer). Entre las características de los participantes destaca que el 66,66 % fueron mujeres y el 33,33 %, hombres. El rango de edad osciló entre los 24 y los 34 años. En relación con su ocupación, el 100 % fueron estudiantes de un programa de posgrado en el área de educación, sin embargo, el 23,33 % ejercían adicionalmente la función docente al tiempo que cursaban el posgrado.

Los datos se recolectaron con dos técnicas:

- **Encuesta.** Se llevó a cabo utilizando un cuestionario gestionado mediante el formulario de Google y constó de una serie de preguntas abiertas acerca de la experiencia en el programa de tutoría.
- **Grupo de enfoque.** Se llevó a cabo mediante una guía de entrevista conformada por tres preguntas abiertas orientadas a conocer la experiencia general del alumnado en el posgrado y cuyo propósito fue complementar la información recolectada en la encuesta sobre la labor del tutor, de la cual se extrajeron algunos testimonios sobre el programa de tutoría.

Los datos recolectados fueron analizados a partir de la perspectiva de los informantes clave para identificar puntos en común en torno a las categorías más mencionadas, a fin de describir la importancia y las características de la tutoría virtual en el contexto pandémico, para lo cual se establecieron cinco ejes de análisis principales (funciones del profesor-tutor, fortalezas del profesor-tutor, condiciones que apoyan la acción tutorial, áreas de atención y aspectos de mejora), con sus respectivas categorías de análisis, que más adelante fueron enriquecidas desde las contribuciones teóricas de otras investigaciones con el propósito de consolidar su relevancia en la formación integral.

La confiabilidad y validez de la información se aseguró utilizando la triangulación como una estrategia para incrementar la fortaleza y la calidad del estudio (Okuda Benavides y Gómez-Restrepo, 2005), la cual fue posible a partir de las respuestas emitidas en el cuestionario y que se complementaron con los testimonios expresados en el grupo de enfoque.

Cabe mencionar que los resultados que se presentan en el siguiente apartado se centraron en las aportaciones textuales de los informantes clave, identificadas con la siguiente codificación:

- REP (respuesta de estudiante de posgrado).
- M (mujer) o H (hombre), seguido de un guion y del número de folio.

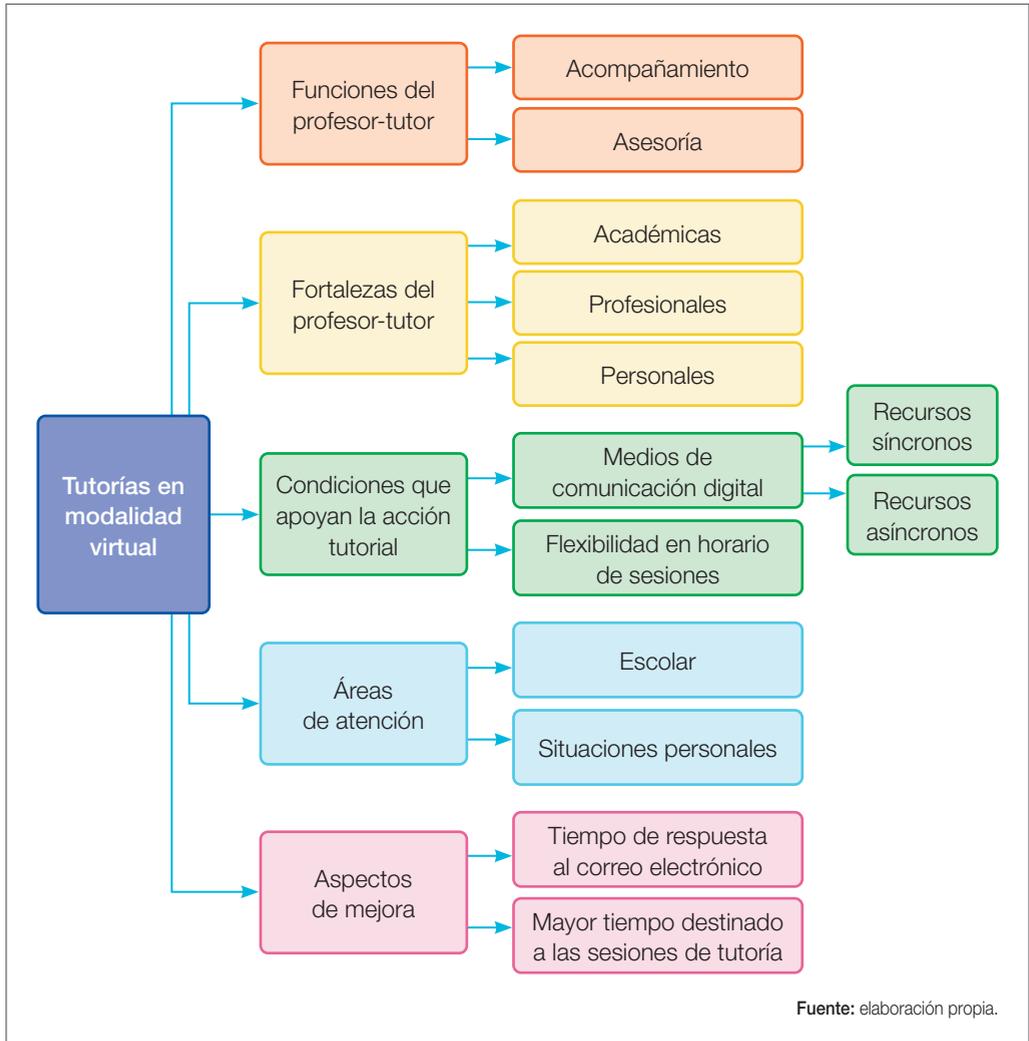
Las respuestas fueron complementadas con el análisis de aquellos aspectos que favorecieron el desarrollo de la tutoría en modalidad virtual durante el posgrado en tiempos de pandemia.

## 4. Resultados

A continuación, se presentan los resultados que se han obtenido tras el análisis de la información recopilada a partir de 30 informantes clave con los métodos de recolección de la encuesta y del grupo de enfoque, lo que permitió identificar cinco principales ejes de análisis (véase figura 1):

- **Funciones del profesor-tutor.** Principales actividades que realiza el profesor-tutor al atender aspectos socioemocionales derivados de la situación pandémica y que inevitablemente influían en el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como revisar y realimentar trabajos, entre otras.
- **Fortalezas del profesor-tutor.** Este eje derivó de los recursos que poseen, como el dominio de saberes, las metodologías, el desarrollo de proyectos de investigación e innovación, realizar intervenciones en escenarios reales, etc.
- **Condiciones que apoyaron la acción tutorial.** Destacan los recursos digitales para mantener una constante comunicación y flexibilidad en los horarios de atención.
- **Áreas de atención.** Durante la pandemia, los estudiantes requirieron de apoyo para afrontar situaciones en diferentes áreas de su vida.
- **Aspectos de mejora.** Necesidad de prestar especial atención al tiempo dedicado a responder los mensajes *online* enviados por los estudiantes y necesidad de aumentar el tiempo dedicado a las sesiones de tutoría. Todo ello con el propósito de mejorar dicho servicio.

Figura 1. Diagrama de familias y categorías derivadas del análisis de los datos



#### 4.1. Funciones del profesor-tutor

En el primer eje de análisis destacan las principales funciones que el profesor-tutor de posgrado desempeñó durante la pandemia, las cuales fueron clave en la formación de los estudiantes, quienes reconocieron que, gracias al trabajo desarrollado por los tutores, consiguieron sobrellevar las diferentes situaciones que experimentaron en el confinamiento y continuar con sus estudios en el posgrado. A continuación, se presenta el análisis de las categorías de «acompañamiento» y «asesoría», que fueron las funciones más mencionadas.

#### 4.1.1. Acompañamiento

Los estudiantes señalaron que una de las funciones desempeñadas por los profesores-tutores fue la de acompañamiento, a partir de la cual se sintieron escuchados, recibieron realimentación constructiva y empática, así como apoyo para resolver las dudas académicas y administrativas a las que se enfrentaron, como puede leerse en uno de los comentarios:

«Mi tutor me acompañó desde el primer momento. Estuvo pendiente de mí y se interesó en aportar ideas nuevas y saberes que contribuyeran a mi formación, mostrando disponibilidad y accesibilidad todo el tiempo» (REP, M-15).

Como puede observarse, la función de acompañamiento constituyó una pieza clave en los procesos de formación, razón por la cual se establecieron tres sesiones reglamentarias de tutoría al semestre y la posibilidad de extender el número de sesiones, previo acuerdo entre los actores implicados, con el propósito de que el tutor proporcionara orientación metodológica en la disciplina y también apoyara al estudiantado en los aspectos de tipo personal, en caso de ser necesario. Todo esto a través de una modalidad personalizada, trabajando desde los principios del enfoque humanista, que coloca al estudiante en el centro del proceso educativo para el desarrollo de sus potencialidades, de manera que los procesos de tutoría buscan contribuir al fortalecimiento integral.

#### 4.1.2. Asesoría

Unido a lo anterior, los educandos reconocieron la asesoría como otra de las funciones principales que desempeñaron los profesores-tutores de posgrado. El seguimiento preciso, la experiencia en su disciplina y la disponibilidad en sus agendas para revisar y valorar los proyectos académicos y los trabajos finales garantizaron su pertinente desarrollo, por lo que los participantes manifestaron que el trabajo de los profesores-tutores en la modalidad virtual fue valioso e incluso fuente de inspiración para sobrellevar una modalidad desconocida para ellos. Esto puede verse reflejado en el siguiente comentario:

«Mi tutora se convirtió en mi motivación, en mi guía, en mi apoyo y en mi acompañamiento. Me brindó atención, además de que su preparación como investigadora le permitió asesorarme y guiarme en la redacción de mi informe de prácticas» (REP, M-19).

En este sentido, se puede notar que las actitudes del profesor-tutor en la atención y en el seguimiento al estudiantado de posgrado en la modalidad virtual fueron relevantes para el ejercicio de la acción tutorial en tiempos de pandemia, por lo que en el siguiente apartado se abordarán las fortalezas del profesor-tutor.

## 4.2. Fortalezas del profesor-tutor

El segundo eje de análisis fueron las fortalezas del profesor-tutor. Las respuestas más frecuentes de los estudiantes permitieron construir tres categorías de análisis: «académicas», «profesionales» y «personales». En este sentido, la categoría de fortalezas «académicas» tuvo lugar al resaltar que el ejercicio de la acción tutorial en la modalidad virtual fue enriquecido por el dominio de saberes en la disciplina, en el uso de estrategias y en metodologías activas como la gamificación, el aprendizaje basado en proyectos, el aula invertida, entre otras metodologías y técnicas de estudio empleadas por los tutores.

Por su parte, la categoría de fortalezas «profesionales» surgió al señalar que la experiencia profesional del profesor-tutor en el programa era notable al participar como docente titular, experto en el diseño de planes de estudio, conferenciante e investigador, convirtiéndole en un profesional idóneo para el desempeño de su profesión.

Y, finalmente, la categoría de fortalezas «personales» derivó del reconocimiento de los recursos personales, de la inteligencia emocional y de las habilidades blandas que poseía el profesor-tutor, las cuales le permitieron comprender que el aislamiento social por la emergencia sanitaria había generado situaciones complejas en la vida de los estudiantes que se reflejaron en su desempeño académico, las mismas situaciones que requirieron de comprensión y atención.

Lo mencionado con anterioridad permitió comprender que las fortalezas académicas y profesionales que poseían los profesores-tutores resultaron ser catalizadores que contribuyeron a la formación integral y apoyaron los procesos de adaptación y vinculación del estudiantado en los escenarios reales de aprendizaje, a quienes guiaron, asesoraron y dieron seguimiento en la construcción de sus saberes. Asimismo, compartieron con ellos metodologías de investigación e intervención para llevar a cabo los trabajos finales de innovación educativa. Por su parte, las fortalezas personales les permitieron proporcionar soporte emocional al estudiantado, al comprender sentimientos y empatizar ante la incertidumbre por la situación pandémica y los efectos de esta en las diferentes esferas de su vida. Para ello utilizaron la escucha activa y el lenguaje positivo, y brindaron palabras de aliento para apoyar los procesos de formación, además de diseñar experiencias de aprendizaje acordes con las necesidades de cada estudiante, invitándoles a continuar adelante y a esforzarse. En el siguiente apartado se presenta el análisis de cada una de las categorías correspondientes a este eje.

### 4.2.1. Académicas

Entre las fortalezas académicas que los estudiantes refirieron de los profesores-tutores destacaron que eran expertos en su disciplina, dominaban estrategias y métodos de enseñanza, compartían enfoques teórico-metodológicos y poseían habilidades de atención,

escucha y capacitación constante, además de competencias innovadoras y capacidad organizativa para atender dudas y preguntas en relación con los trabajos académicos. Los estudiantes reconocieron que los profesores-tutores dedicaron un tiempo considerable a atender sus necesidades académicas durante la pandemia, cuando el confinamiento ocasionó que los servicios de tutoría se trasladasen a la modalidad virtual, implicando el uso de diferentes herramientas de comunicación síncrona para videoconferencias (Zoom, Google Meet, Microsoft Teams, móviles, etc.) y asíncrona (correo electrónico, WhatsApp y Facebook, así como los recursos de Office 365).

El uso de dichas herramientas permitió, además, que los profesores-tutores pudieran revisar los trabajos finales de los estudiantes y proporcionarles realimentación, así como compartir artículos científicos y de crecimiento personal para apoyar su formación y contribuir al desarrollo de sus competencias de escritura científica. Esto puede deducirse del siguiente comentario:

«Mi tutora poseía conocimiento de la disciplina. Me orientó de forma teórica y práctica, y me apoyó en todo momento, lo que me permitió tener claridad sobre mi trayecto formativo. En cada sesión me demostró amabilidad, sentí que me escuchaba y me brindó seguimiento para desarrollar mi trabajo» (REP, M-22).

Lo anterior permite comprender que la experiencia del docente es clave para contribuir a la formación académica de los estudiantes de posgrado. Su visión y las competencias de innovación educativa le permiten guiar de forma pertinente los trabajos de los educandos y concretar sus ideas para centrar la atención en los problemas fundamentales, de manera que el tiempo de las sesiones de tutoría se enfoque eficientemente para trabajar con los discentes en sus respectivos productos académicos. Por esta razón, los estudiantes reconocieron que las fortalezas académicas de los profesores-tutores fueron clave en el proceso formativo, junto con las fortalezas profesionales, que describimos a continuación.

#### 4.2.2. Profesionales

Continuando con el análisis de este eje, los educandos declararon que los profesores-tutores también presentaban fortalezas profesionales, las cuales les permitieron dirigir pertinentemente los trabajos, al compartir metodologías y técnicas de investigación para el desarrollo de proyectos de innovación vinculados con sus áreas de competencia. Por ello, la experiencia de los profesores-tutores en el área de investigación fue sustancial para la dirección eficaz de los proyectos y el trabajo final, como puede leerse en el siguiente comentario:

«La experiencia de mi tutora como docente e investigadora le permitió aportar ideas y estrategias pertinentes para el desarrollo de mi trabajo final» (REP, M-11).

Unido a lo anterior, los estudiantes de posgrado señalaron que otra de las fortalezas profesionales de los profesores-tutores estaba vinculada con su capacidad de análisis crítico y reflexivo para proporcionar las orientaciones correspondientes sobre la forma de abordar la necesidad detectada y de establecer objetivos claros, medibles y alcanzables para el desarrollo de los trabajos finales, que incluyan componentes de innovación desde sus diferentes vertientes, lo que puede verse reflejado en el siguiente comentario:

«Mi tutora poseía un amplio conocimiento de las competencias del programa educativo, así como capacidad de análisis del trabajo final, manejo de la información científica y un sentido de responsabilidad social y ético en su labor» (REP, M-24).

Basándonos en el comentario anterior, es posible percibir que los profesores-tutores cuentan con un sentido de responsabilidad y compromiso en el desempeño de su labor para guiar a los educandos durante su trayecto formativo, verificando que sus proyectos académicos respondan a necesidades reales e integren componentes de innovación como parte de las propuestas de solución generadas a partir del análisis del contexto y de la detección de necesidades, lo que se observa en el siguiente comentario:

«Mi tutora establecía metas realistas, era responsable, estaba comprometida, se involucraba en los temas abordados por sus estudiantes y, además, sabía de los mismos. Sus conocimientos y habilidades curriculares y su nivel de análisis y experiencia como profesora de nivel superior fueron fortalezas que me ayudaron como estudiante durante la realización de la práctica profesional» (REP, M-24).

El comentario anterior muestra que, además de las fortalezas académicas y profesionales, los profesores-tutores poseen fortalezas personales, las mismas que, en combinación con los dos primeros tipos de fortalezas mencionadas, constituyen aspectos relevantes para fortalecer la práctica tutorial y potenciar la motivación de los estudiantes de posgrado hacia el aprendizaje, así como la comprensión de las situaciones reales a la hora de realizar la práctica profesional y el trabajo final. Dichas fortalezas personales las vemos a continuación.

### 4.2.3. Personales

Los estudiantes reconocen que las fortalezas personales que poseen los profesores-tutores son valiosas e importantes, puesto que guían su actuar profesional y, por ende, su acción tutorial. Entre ellas se encuentra la actitud positiva, aspecto esencial para trabajar con el estudiantado y ayudarlo a vislumbrar que toda situación tiene un aspecto positivo, que nada ocurre por casualidad y que todo conlleva un aprendizaje que fortalece las habilidades y mantiene la certeza aun en la incertidumbre. Esta actitud influye en el desarrollo

del trayecto formativo y en las decisiones de acudir o no a la tutoría. Por ello, es necesario que los profesores-tutores desarrollen estrategias para trabajar en el bienestar personal de sus estudiantes, sobre todo en época de pandemia y en la modalidad virtual. Esto puede verse reflejado en el siguiente comentario:

«Mi tutor poseía una actitud positiva, era paciente y me ayudó en momentos de incertidumbre» (REP, M-06).

En este sentido, se requiere trabajar desde la amabilidad y la empatía. Ambas fueron identificadas como fortalezas de los profesores-tutores. A partir de dichas fortalezas se procura el crecimiento personal de los estudiantes de posgrado, aspecto tan importante como el académico durante la pandemia. Esto evidencia la necesidad de un profesor-tutor más humano, preocupado por el bienestar subjetivo de los educandos, para favorecer su formación académica y profesional. La labor tutorial también debe ejercerse desde la comprensión de la forma de ser de los estudiantes, incluyendo el desarrollo de sus potencialidades para garantizar su permanencia en el programa educativo, como se refleja en el siguiente comentario:

«Mi tutor era una persona empática, enfocada en el bienestar y en el crecimiento personal de los estudiantes que estaban a su cargo» (REP, M-04).

Asimismo, se detectaron otras fortalezas, como la paciencia de los profesores-tutores para escuchar activamente o el compromiso y la responsabilidad para orientar y guiar a los estudiantes en los distintos procesos académico-administrativos y en las diferentes etapas de desarrollo de los proyectos integradores y de práctica profesional. Esto se refleja en el siguiente comentario:

«Mi tutor era responsable, estaba comprometido y era respetuoso. Durante la pandemia, me aclaró las distintas dudas que me surgieron y me orientó en todo momento, entre otras características» (REP, M-15).

Otra fortaleza detectada fue la comunicación que establecieron los profesores-tutores con sus estudiantes, puesto que resultó ser un elemento esencial que apoyó el seguimiento durante su trayectoria en el posgrado, además de que les permitió trabajar con un tutor universitario que poseía una visión diferente. Esto se ve claramente reflejado en el siguiente comentario:

«Existió comunicación con el tutor, seguimiento y apoyo. En las tutorías se abordaban temas del proyecto. Se consultaban dudas o situaciones que se presentaban durante la práctica» (REP, M-26).

Las fortalezas personales detectadas en la labor ejercida por los profesores-tutores en la modalidad virtual resultaron ser esenciales, puesto que contribuyeron a la formación integral de los estudiantes de posgrado, así como a los procesos de adaptación, permanencia y graduación en tiempos de pandemia, razones por las cuales se torna necesario conocer las condiciones que apoyaron el desarrollo de la acción tutorial.

### 4.3. Condiciones que apoyan la acción tutorial

El tercer eje de análisis permite vislumbrar las condiciones que apoyaron la labor tutorial ejercida por los profesores-tutores en la modalidad virtual durante la pandemia, destacando como punto de partida la flexibilidad en los horarios de atención, seguido del uso de medios de comunicación digitales para mantener contacto con el estudiante mediante los diferentes recursos síncronos y asíncronos. A continuación, se presenta el análisis de cada una de las categorías de este eje a partir de las respuestas proporcionadas por los participantes del estudio.

#### 4.3.1. Flexibilidad de horarios para las sesiones de tutoría

Los participantes del estudio reconocen que, al trasladarse los servicios de tutoría a la modalidad virtual, los profesores-tutores realizaron ajustes en los horarios de las sesiones de tutoría, siendo estos más flexibles, para intentar conciliar con las necesidades de los estudiantes, a fin de dar seguimiento preciso a las situaciones que presentaron, como puede leerse en el siguiente comentario:

«Mi tutora dedicó mucho tiempo, incluso fuera de su horario laboral, para revisar mi trabajo y brindarme asesoría» (REP, M-12).

A partir del comentario anterior, se evidencia que los profesores-tutores tuvieron en consideración las necesidades de los estudiantes y establecieron acuerdos conjuntos sobre las fechas y los horarios para llevar a cabo las sesiones a través de los diferentes recursos que proporcionaba internet, o bien mediante herramientas institucionales, lo cual se especifica en el siguiente apartado.

#### 4.3.2. Medios de comunicación digital

Estos medios de comunicación fueron clave para el desarrollo de las sesiones de tutoría en la modalidad virtual, ya que los alumnos de posgrado indicaron que los profesores-tutores emplearon los canales de comunicación institucionales y las diferentes herramientas

gratuitas disponibles con el propósito de mantener una comunicación constante con ellos y no dejarlos solos ante la situación de pandemia sin precedentes que originó el traslado de la enseñanza y la tutoría a la modalidad virtual. Esto puede leerse en el siguiente comentario:

«Considero que, a partir de la modalidad virtual, se incrementó la comunicación con mi tutor, lo que me ayudó a mejorar la elaboración de mi trabajo final. Me siento agradecida y satisfecha con el apoyo que recibí por parte de mi tutor» (REP, M-16).

Lo anterior permite comprender que la labor de los tutores en la modalidad virtual fue clave para que el estudiantado continuara con su formación académica y se sintiera acompañado, escuchado, apoyado y orientado, por lo que fue necesario emplear los diferentes recursos proporcionados por internet de forma gratuita. A continuación, describimos los recursos más mencionados por los estudiantes.

#### 4.3.2.1. Recursos síncronos

Los participantes señalaron que para llevar a cabo las sesiones de tutoría emplearon diferentes herramientas tecnológicas, entre las que destacaron las plataformas para videoconferencias. Estas permitieron realizar reuniones síncronas entre los participantes en una sala virtual privada donde solamente las personas convocadas, que contaban con el enlace y las claves de acceso, pudieron reunirse para interactuar en tiempo real. De esta forma, a través de plataformas como Zoom, Google Meet, Google Hangout, Microsoft Teams, entre otras de acceso libre y gratuito, fue posible que tutores y estudiantes se reunieran para tratar aspectos académicos y personales que estaban impactando directamente en su proceso de formación en el posgrado, como se observa en el siguiente comentario:

«En las tutorías se emplearon diferentes recursos tecnológicos, preferentemente las plataformas Google Meet, Hangout y Zoom para sesiones en tiempo real; sin embargo, también se utilizaron recursos asíncronos» (REP, H-05).

#### 4.3.2.2. Recursos asíncronos

También fue posible identificar que la comunicación entre tutores y estudiantes se llevó a cabo empleando recursos de comunicación asíncronos que posibilitaron atender y solucionar dudas menores fuera del tiempo real o, en su caso, compartir experiencias y vivencias que permitieron a los alumnos sentirse acompañados para hacer frente a la incertidumbre que estaban experimentando en su proceso formativo, lo que se refleja en el siguiente comentario:

«Entre los recursos tecnológicos que se emplearon destacaron el uso de WhatsApp para realizar acuerdos, así como el correo electrónico para compartir documentos sobre la evolución de los trabajos» (REP, H-14).

De esta manera, los participantes argumentaron que el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para dar continuidad a los procesos de tutoría durante la contingencia sanitaria resultó valiosa, útil y enriquecedora, y brindó agilidad en la impartición de la tutoría, además de que permitió salvaguardar la vida de los actores educativos, como se manifiesta en el siguiente comentario:

«El uso de la tecnología resultó de mucha ayuda [...] Se pudo aprovechar mejor el tiempo, al no ser necesario trasladarse a diferentes lugares» (REP, H-18).

La tutoría, por lo tanto, se convirtió en un elemento apreciado por los estudiantes de posgrado, quienes valoraron este servicio, al poder contar con profesores-tutores que se les asignaron para desempeñar el cargo de guías y acompañantes desde su ingreso en el programa. Estos profesores-tutores continuaron ejerciendo su labor tutorial en la modalidad virtual, haciendo un seguimiento a los alumnos y atendiendo aspectos tanto académicos como personales, los cuales son inherentes al proceso de enseñanza-aprendizaje y cuyas categorías de análisis se presentan en la siguiente sección.

## 4.4. Áreas de atención

El cuarto eje de análisis fueron las áreas de atención de la tutoría, enfocadas en dos categorías: «área de atención escolar» y «área de atención de situaciones personales». Dichas áreas se describen a continuación.

### 4.4.1. Área de atención escolar

Durante el posgrado, los profesores-tutores fueron asignados para brindar, prioritariamente, apoyo metodológico en el área de conocimiento en el cual los participantes del estudio centraron su atención para adquirir saberes y habilidades que les permitieran mejorar en su labor docente, de manera que el alumnado acudía a las tutorías para aclarar dudas o solicitar apoyo académico, como se menciona en el siguiente comentario:

«Las tutorías apoyaron mi formación académica y profesional. La tutora me orientó para desarrollar mi proyecto de innovación de la práctica pedagógica, así como para adquirir otras habilidades» (REP, H-21).

#### 4.4.2. Área de atención de situaciones personales

Durante la pandemia, los estudiantes experimentaron situaciones personales de estrés y cuadros de ansiedad como consecuencia del distanciamiento social adoptado como medida preventiva ante la contingencia sanitaria. Como puede apreciarse en el siguiente comentario, dichas situaciones interfirieron en la formación de los alumnos:

«En la pandemia sufrí episodios de crisis por el estrés y la ansiedad» (REP, H-29).

En esta misma línea, refirieron dificultades de concentración e incluso agotamiento mental por considerar que existía una sobrecarga académica, como se menciona en el siguiente comentario:

«Algunas de las dificultades personales que experimenté estuvieron relacionadas con el manejo del estrés, el control y la sobreexigencia académica» (REP, M-26).

Asimismo, dada la situación de pandemia, el alumnado tuvo que hacer frente a enfermedades de familiares que inevitablemente interferían en su proceso de formación. Se sentían intranquilos y presentaban cuadros de desesperación debido a que no contaban con espacios de esparcimiento por estar confinados en sus hogares 24 horas al día, lo que se aprecia en el siguiente comentario:

«Inicié el posgrado en la modalidad virtual debido a la pandemia, de manera que las horas dedicadas al programa, en ocasiones, fueron muchas. El hecho de no poder contar con un espacio exclusivo para estudiar dificultó mi tranquilidad para realizar las tareas y grabar videos, entre otras actividades. Tuve que hacer frente a la enfermedad de un familiar, del cual debía estar pendiente [...]. Con el paso del tiempo, para sobrellevar el estrés, comencé a realizar ejercicio [...] y aprendí a controlar ciertas situaciones que me permitieron estar tranquila para atender cuestiones académicas» (REP, M-24).

Situaciones como las descritas son las que pusieron en acción a los tutores, quienes se preocuparon por el bienestar de sus estudiantes, aun siendo alumnos de posgrado. En palabras del estudiantado, los tutores fueron profesionales que comprendieron que para lograr un mejor rendimiento académico era necesario garantizar la formación integral, teniendo en cuenta las cinco dimensiones que conforman al individuo, señaladas en el MEFI (2012) de la Universidad Autónoma de Yucatán: intelectual, social, emocional, valores-actitudes y física. Por lo tanto, entendiendo que una persona ha de estar bien emocionalmente para rendir académicamente, el profesor-tutor resultó ser una pieza angular en el trayecto formativo de los estudiantes, como se refleja en el siguiente comentario:

«Me sentí desmotivado para continuar con mis estudios de maestría, sin embargo, logré solucionarlo recibiendo ayuda de mi tutora» (REP, H-13).

Por otra parte, los estudiantes también detectaron aspectos de la acción tutorial que necesitaban mejorar, los cuales analizamos en el siguiente apartado.

## 4.5. Aspectos de mejora

En palabras de los participantes del estudio, hay aspectos de las tutorías que deben ser atendidos con el propósito de establecer estrategias de mejora y continuar aportando sus beneficios a la formación integral de los estudiantes de posgrado, permitiendo egresar capital humano del más elevado nivel para atender las necesidades que presenta la sociedad en materia educativa. De esta manera, el quinto eje de análisis, referente a los aspectos de mejora de la práctica tutorial, analiza puntualmente dos categorías: tiempo de respuesta de los profesores-tutores a los mensajes de correo electrónico y tiempo destinado a las sesiones de tutoría.

### 4.5.1. Tiempo de respuesta al correo electrónico

Los estudiantes de posgrado manifestaron que los profesores-tutores tardaban bastante tiempo para responder a los correos electrónicos en los que se les solicitaba la firma de algún documento relacionado con la práctica profesional, como se puede leer en el siguiente comentario:

«Las sesiones de tutoría fueron provechosas, aunque, a veces, las solicitudes para la firma de algún documento que se realizaba vía correo electrónico se prolongaban, a diferencia de la modalidad presencial» (REP, M-12).

### 4.5.2. Mayor tiempo destinado a las sesiones de tutoría

Las estudiantes también explicaron que, si bien las sesiones de tutoría del posgrado fueron enriquecedoras y útiles, habría sido necesario destinar un mayor tiempo a las mismas, sobre todo cuando los educandos se encontraban realizando el proyecto de práctica profesional, ya que les surgieron dudas e interrogantes que tendrían que haber sido resueltos durante las sesiones de tutoría, además de recibir orientaciones sobre los proyectos de innovación que tenían que realizar, como se aprecia en el siguiente comentario:

«Me hubiese gustado tener más tiempo en las sesiones de tutoría, sin embargo, entiendo que el tutor tenía otras responsabilidades importantes que atender» (REP, M-20).

En este sentido, resulta evidente que la tutoría en modalidad virtual fue un servicio adecuado que contribuyó a la formación integral, brindó apoyo emocional y favoreció el seguimiento adecuado de los trabajos finales, así como la elaboración de producción de divulgación científica, razón por la cual fue valorada por la mayoría de los educandos como una experiencia satisfactoria.

A modo de conclusión de este apartado, se puede enfatizar que el profesor-tutor fue un agente educativo que proporcionó acompañamiento y seguimiento de la trayectoria del estudiante, contribuyendo a la elaboración de su trabajo final y al desarrollo de competencias socioemocionales, de innovación e incluso de escritura científica, lo que fue posible a partir de sus fortalezas y de las condiciones que favorecieron los procesos de tutoría durante la pandemia. Por otro lado, también se detectaron algunos aspectos de mejora para fortalecer la acción tutorial.

## 5. Discusión

A partir de los resultados, resulta evidente que, durante la pandemia, los servicios de tutoría de todos los niveles educativos tuvieron que modificarse y llevarse a cabo virtualmente con el propósito de continuar garantizando la formación integral de los estudiantes. Fue posible identificar que las dos funciones primordialmente desempeñadas por los profesores-tutores en el nivel posgrado se centraron en el acompañamiento y en la asesoría, para lo cual emplearon prioritariamente la escucha activa, la emisión de comentarios para realimentar los trabajos de forma constructiva y con carga empática, así como el tiempo destinado a las revisiones y a la asesoría de los trabajos finales.

Lo anterior se relaciona con el estudio de Herrera Enciso *et al.*, (2022), quienes declararon que el tutor constituye una figura requerida para orientar, guiar y apoyar al estudiantado durante su trayectoria, abordando aspectos académicos e incluso de tipo personal, razón por la cual se torna necesario emplear distintas estrategias y darles seguimiento para corroborar su eficiencia en la formación integral del estudiantado, en las necesidades y en las demandas de la sociedad. Como se puso de manifiesto en esta investigación, es importante que esta capacidad de acompañar y guiar el aprendizaje se complemente con el rol motivador del tutor virtual (Henaó Alvarez *et al.*, 2022).

También fue evidente que los estudiantes de posgrado reconocieron que los profesores-tutores que los acompañaron durante su formación en tiempos de pandemia presentaron fortalezas académicas, profesionales y personales, entre las que destacaron sus saberes,

sus competencias en innovación educativa, su experiencia en las áreas profesionales y de investigación, al tiempo que el compromiso, la paciencia, la amabilidad y las actitudes positivas. Estas mismas fortalezas los proyectaron como seres humanos sensibles, capaces de responder a las necesidades del estudiantado, reconociendo la unicidad de cada uno de ellos y el proceso personal de los estudiantes. Esto también se vincula con la afirmación de Molina Aviles (2004) de que el tutor debe presentar actitudes positivas enfocadas en guiar y orientar el aprendizaje independiente, siendo necesario reconocer que cada persona es única e irrepetible (Fabry, 2009).

Las fortalezas detectadas también guardan relación con lo expresado por Tolozano Benites *et al.* (2016) sobre la forma de actuar del tutor, siendo esencial que se encuentre motivado para llevar a cabo sus funciones, así como poseer actitud y aptitud para planificar actividades formativas. A semejanza del estudio de Rivera-Piragauta y Minelli de Oliveira (2022), los estudiantes encuestados reconocieron la importancia de cualidades como la responsabilidad, el compromiso, el respeto y la solidaridad, como elementos esenciales en la interacción virtual con sus tutores. Al igual que en el estudio de Henao Alvarez *et al.* (2022), los tutores, en esta investigación, mostraron dominio pedagógico y capacidad de ofrecer diversas estrategias en atención a las particularidades de sus estudiantes. En este sentido, Ruffinelli (2020) señala que los tutores consideran esencial personalizar el proceso de tutoría para atender las necesidades de formación especializada de los estudiantes, así como trabajar en equipo entre tutores, orientados a compartir experiencias y acuerdos para promover la reflexión a través de la labor que realizan.

Esto explica la necesidad de disponer de condiciones adecuadas para ejercer la acción tutorial. Desde la perspectiva del estudiantado, se logró identificar que, durante la pandemia, los tutores fueron comprensivos, flexibilizaron los horarios de atención y se mantuvieron en contacto directo y continuo con sus estudiantes a través de recursos síncronos y asíncronos, entre los que destacaron aplicaciones como Google Meet, Microsoft Teams, entre otras, y la mensajería instantánea, como el correo electrónico y el WhatsApp. En este sentido, el uso de medios digitales promovió la comunicación y colaboración entre docentes y estudiantes (González Fernández, 2021), al igual que permitió llevar a cabo los procesos de tutoría en la modalidad virtual, puesto que, como afirman Yot Domínguez y Marcelo (2013), los tutores deben proporcionar a los estudiantes recursos adaptados a sus necesidades, apoyar el aprendizaje con ejemplos prácticos, resolver dudas y aportar recomendaciones que orienten el estudio, de manera que, adicionalmente a la comunicación asíncrona, es preciso utilizar dispositivos que favorezcan la comunicación síncrona mediante el uso de videotutorías o videoconferencias.

A través de los recursos antes mencionados, los tutores desempeñaron su labor tutorial y atendieron a sus estudiantes en las áreas escolar y personal. Estos resultados se relacionan con el estudio de Vázquez *et al.* (2020), quienes aseguran que el papel que desempeña el tutor es relevante, puesto que son los encargados de orientar a sus estudiantes en las áreas académica, profesional y personal durante su trayecto formativo.

Por esta razón, es fundamental detectar los aspectos de mejora, entre los que destacan el tiempo de respuesta de los tutores ante los mensajes de correo electrónico para la devolución de documentos firmados, así como destinar un tiempo mayor a 30 o 60 minutos para las sesiones de tutoría, ya que, según los estudiantes, necesitaban de más tiempo para recibir la atención del tutor. Sin embargo, es preciso reconocer que los tutores, a nivel de posgrado, tienen diferentes actividades académicas y que, de acuerdo con Benites (2020), dedican al menos una hora a la semana para su labor tutorial. Esta afirmación concuerda con los datos proporcionados por los estudiantes sobre el tiempo destinado por los tutores a la acción tutorial, puesto que el profesorado de nivel superior desarrolla funciones de docencia, investigación, gestión y extensión, entendiéndose que, para la Universidad Autónoma de Yucatán, la función de extensión es «como un proceso de doble vía, donde los universitarios tienen la oportunidad de emplear sus conocimientos y saberes al entorno social, aprender de este y regresar a la universidad» (Libertad de Expresión Yucatán, 2014, párr. 12), lo que muestra que el profesorado debe distribuir su tiempo entre tales funciones, lo que puede guardar relación con las limitaciones en el tiempo destinado a las sesiones de tutoría individual.

## 6. Conclusiones

A modo de conclusión, se puede mencionar que la tutoría en modalidad virtual constituyó un espacio de apoyo y soporte emocional para el alumnado de posgrado durante la pandemia originada por la COVID-19. Este estudio analiza la importancia y las características de la función tutorial en modalidad virtual en tiempos de pandemia desde la perspectiva de los estudiantes de un posgrado de formación de profesionales de la educación en el sureste de México. Se concluye que las funciones desempeñadas coadyuvaron al seguimiento de la trayectoria formativa, de manera que el compromiso que asumieron los tutores resultó ser un catalizador que permitió comprender las necesidades que presentó el estudiantado y atenderlas desde los campos de acción tutorial, haciéndose evidente que las fortalezas de los tutores son pieza clave en los procesos de tutoría en modalidad virtual.

En este sentido, se puede señalar que los tutores requieren de un elevado sentido de responsabilidad, lo que se vio reflejado en el compromiso que asumieron al continuar guiando la formación de los estudiantes aun en un contexto incierto para ambos, motivándolos e invirtiendo más tiempo y recursos para apoyarlos en la movilización de sus competencias en este nuevo escenario, además de brindar espacio en las sesiones para escuchar las necesidades de tipo personal y actuar desde su campo de acción, o bien realizar los procedimientos para la correcta canalización y atención psicológica especializada.

Asimismo, a partir de sus saberes, de sus habilidades y de valores como la responsabilidad, el respeto, la tolerancia, el compromiso y la profesionalidad, los tutores lograron una comprensión más integral de la situación, su implicación en los procesos formativos,

en el contexto particular de los estudiantes, e impactar en su salud física, mental y en sus formas de interacción ante el confinamiento obligatorio. Todo lo anterior les permitió transformar su práctica educativa y adecuar las planeaciones y los programas de trabajo que fueran acordes con la nueva realidad que presentaban los estudiantes, apoyando su adaptación.

De manera que el modo de actuar de los tutores en este contexto de incertidumbre debido a la pandemia fue determinante. Es así que sus fortalezas personales, como la amabilidad, la empatía y la paciencia, su actitud positiva y su habilidad para comunicarse con seguridad y firmeza, les permitieron una comprensión cognitiva e incluso emocional de la particularidad de la situación por la que atravesaba cada estudiante a su cargo y, a partir de la realidad que vivían, adaptaron los procesos de tutoría, les ofrecieron asesoría en la elaboración de su proyectos finales y trabajaron colaborativamente con ellos para garantizar un seguimiento adecuado.

Los hallazgos encontrados en este estudio hacen evidente que la labor desempeñada por los tutores en el contexto pandémico fue fundamental, puesto que favorecieron el desarrollo de las potencialidades de los estudiantes para un óptimo desempeño, a través del soporte académico y del apoyo emocional, así como del acompañamiento personalizado, caracterizado por la escucha activa, el establecimiento de la confianza, el respeto mutuo y la atención a las necesidades para la formación integral, lo que fue posible al emplear herramientas de comunicación síncrona y asíncrona, como vídeos cortos, ejercicios, materiales para la reflexión y promoción de actitudes positivas. Todo ello propició seguridad, confianza y motivación en los estudiantes para continuar con su proceso formativo de posgrado a pesar de las dificultades.

Desde esta perspectiva, todo profesional de la educación que desempeña funciones de tutoría requiere desarrollar actitudes positivas para ejercer la función tutorial y poder trascender en el ejercicio de su labor; para ello, es fundamental prestar atención al desarrollo personal de los tutores con la finalidad de lograr que estos puedan brindar a los estudiantes una atención adecuada en los aspectos académico, profesional y personal, garantizando la formación integral.

Finalmente, los resultados de este estudio buscan alentar a las instituciones de educación superior a asumir el reto de desarrollar programas de intervención desde un enfoque de educación positiva que permita a los tutores contactar con sus recursos personales, potenciar las virtudes y fortalezas del ser humano, establecer su misión profesional, así como contraer compromisos y desarrollar acciones para el logro de la misma. El propósito no es otro que prestar atención al desarrollo personal de los estudiantes, al tiempo que brindarles herramientas para contribuir al fortalecimiento de las potencialidades y actitudes de los que están a su cargo (para atender sus necesidades, continuar ayudando a su formación integral, inclusive en el nivel de posgrado, y poder autotranscender en el ejercicio de su profesión).

## Referencias bibliográficas

- Angulo Moreno, Á. J. y Urbina Barrera, F. (2021). Implementación y retos de la tutoría integral: indicadores y percepción de estudiantes en tres universidades del norte de México. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 51(3), 201-230. <https://doi.org/10.48102/rlee.2021.51.3.393>
- Benites, R. M. (2020). El papel de la tutoría académica para elevar el rendimiento académico de los estudiantes universitarios. *Revista Conrado*, 16(77), 315-321. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442020000600315](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442020000600315)
- Cancela García, N., González Álvarez, M. y Quevedo Camacho, M. (2021). Trabajo de tutorías en pandemia adaptado al cumplimiento de calidad en el Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Culiacán. *Tecnología Educativa. Revista CONAIC*, 8(3), 32-47. <https://terc.mx/index.php/terc/article/view/219>
- Castillo Sanguino, N. (2021). Fenomenología como método de investigación cualitativa: preguntas desde la práctica investigativa. *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social*, 20, 7-18. [http://www.relmis.com.ar/ojs/index.php/relmis/article/view/fenomenologia\\_como\\_metodo/167](http://www.relmis.com.ar/ojs/index.php/relmis/article/view/fenomenologia_como_metodo/167)
- CONACYT. (2021). *Programa Nacional de Posgrados de Calidad. Términos de referencia para la evaluación y seguimiento de programas de nuevo ingreso*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Secretaría de Educación Pública. Subsecretaría de Educación Superior.
- Díaz Roldán, J. L. (2021). Administración de la práctica tutorial en tiempos del COVID-19: atendiendo las necesidades especiales de los alumnos universitarios a través de la tutoría en línea. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(núm. especial 1), 1-10. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-7890202100030003&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-7890202100030003&script=sci_arttext)
- Fabry, J. B. (2009). *Señales del camino hacia el sentido: descubriendo lo que realmente importa*. Ediciones LAG. Colección Sentido.
- García Núñez, R. D., San Juan Bosch, M.<sup>a</sup> A., Sánchez Martínez, E. J. y Hernández Palet, I. (2019). Consideraciones actuales sobre la tutoría en el posgrado de Medicina Familiar. *Revista Medisur*, 17(5), 670-684. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-897X2019000500670#B2](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2019000500670#B2)
- González Fernández, M.<sup>a</sup> O. (2021). La capacitación docente para una educación remota de emergencia por la pandemia de COVID-19. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 19, 81-102. <https://www.tecnologia-ciencia-educacion.com/index.php/TCE/article/view/614/358>
- Henaó Alvarez, O., Ramírez Salazar, D. A., Villa Lombana, V. C., Soto Ossa, P. A. y Morales Benjumea, J. (2022). La enseñanza virtual en el contexto de la cultura académica universitaria: una aproximación a los procesos de tutoría y acompañamiento. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 65, 31-65. <https://www.doi.org/10.35575/rvucn.n65a3>
- Hernández-Amorós, M.<sup>a</sup> J., Beltrán Castellanos, J. M. y Guisot-Sendra, L. (2021). El modelo de tutoría virtual en tiempos de COVID-19: la perspectiva del profesorado tutor. En R. Satorre Cuerda (Ed.), *Nuevos retos educativos en la enseñanza superior frente al desafío COVID-19* (pp. 595-604). Octaedro. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/119194>
- Herrera Enciso, F., Ramos Ojeda, E. y Herrera Enciso, V. (2022). Acompañamiento tutorial virtual, una necesidad en la pandemia. *Pistas Educativas*, 43(142), 37-46. <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/viewFile/2752/2117>
- Libertad de Expresión Yucatán. (2014). *Auténtica extensión universitaria: UADY, activa en 23 localidades*. <https://www.informacionde lonuevo.com/2014/05/autentica-extension-universitaria-uady.html>

- MEFI. (2012). *Modelo educativo para la formación*. Universidad Autónoma de Yucatán.
- MEFI. (2022). *Modelo educativo para la formación integral*. Universidad Autónoma de Yucatán. [https://portalinsitucionala.blob.core.windows.net/cms/principal/documentos/Documento\\_MEFI\\_2022.pdf](https://portalinsitucionala.blob.core.windows.net/cms/principal/documentos/Documento_MEFI_2022.pdf)
- Mendieta Pedroso, M. D., Cairo Pérez, J. C. y Cairo Martínez, J. C. (2020). Presencia de estrés académico en estudiantes de tercer año de Medicina del Hospital Docente Clínico Quirúrgico «Aleida Fernández Chardiet». *Medimay*, 27(1), 68-77. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revciemmedhab/cmh-2020/cmh201h.pdf>
- Molina Aviles, M. (2004). La tutoría. Una estrategia para mejorar la calidad de la educación superior. *Universidades*, 28, 35-39. <https://www.redalyc.org/pdf/373/37302805.pdf>
- Morales Bonilla, Y. y Bustamante Peralta, K. E. (2021). Retos en la enseñanza en la pandemia por COVID-19 en México. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 9(1), 1-17. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-78902021000700043&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-78902021000700043&script=sci_arttext)
- Niño Carrasco, S. A., Castellanos Ramírez, J. C. y Huerta Domínguez, L. (2021). Implicaciones de la COVID-19 en la educación escolar: una revisión temprana de los artículos publicados en revistas académicas. *Nósis. Revista de Ciencias Sociales*, 30(59), 20-40. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2395-8669202100100020](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2395-8669202100100020)
- Okuda Benavides, M. y Gómez-Restrepo, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(1), 118-124. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80628403009>
- Pérez Méndez, J., Cárdenas Castellanos, J., Adaile Benítez, N. T. y Távora Sabalú, C. (2022). La labor tutorial en la pandemia por COVID-19 apoyada en herramientas tecnológicas. *URM: Management Review*, 7(2), 1-8. <https://editorial.upgto.edu.mx/index.php/umr/article/view/210/413>
- Rivera-Piragauta, J. A. y Minelli de Oliveira, J. (2022). The ethical commitment of virtual education. *The Journal of Educators Online*, 19(2), 1-11. <https://doi.org/10.9743/jeo.2022.19.2.9>
- Ruffinelli, A., Morales, A., Montoya, S., Fuenzalida, C., Rodríguez, C., López, P. y González, C. (2020). Tutorías de prácticas: representaciones acerca del rol del tutor y las estrategias pedagógicas. *Perspectiva Educacional*, 59(1), 30-51. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-9729202000100030](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-9729202000100030)
- Santana Esparza, G. y Barrera Silva, G. (2021). Plataforma asistida por computadora como alternativa para hacer frente a los retos de la tutoría académica. *Programación Matemática y Software*, 13(3), 43-57. <https://progmatt.uaem.mx/progmatt/index.php/progmatt/article/view/2021-13-3-04/2021-13-3-04>
- Tolozano Benites, S. E., Lara Díaz, L. M. e Illescas Prieto, S. A. (2016). Actitudes y aptitudes del tutor para enfrentar el desafío de la formación en la modalidad dual. *Universidad y Sociedad*, 8(1), 81-91. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n1/rus12116.pdf>
- Vales García, J., Ramos Estrada, D. y Olivares Carmona, K. M. (2009). La función del tutor en ambientes presenciales y no presenciales. *Revista Mexicana de Orientación Educativa*, 6(16), 16-19. [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-75272009000100004](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-75272009000100004)
- Vázquez, M. R., Zavaleta Carrillo, P. y Hernández Marín, G. J. (2020). Modelo para caracterizar perfiles de tutores académicos a través del uso de técnicas softcomputing. *Innovación Educativa*, 20(83), 53-74. <https://www.ipn.mx/assets/files/innovacion/docs/Innovacion-Educativa-83/modelo-para-caracterizar-perfiles-de-autores-academicos-a-traves-del-uso-de-tecnicas-softcomputing.pdf>

- Velásquez Monroy, B. R. (2020). La educación virtual en tiempos de COVID-19. *Revista Científica Internacional*, 3(1), 19-25. <https://revista-cientifica-internacional.org/index.php/revista/article/view/8/35>
- Yot Domínguez, C. y Marcelo, C. (2013). Tareas y competencias del tutor online. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 17(2), 305-325. <https://www.redalyc.org/pdf/567/56729526018.pdf>
- Yoctun Cabrera, J. C. y Cueva Valladolid, H. G. (2022). La tutoría estudiantil universitaria virtual en tiempos de pandemia: una revisión sistemática del 2020 al 2021. *Sinergias Educativas*, E1. <https://sinergiaseducativas.mx/index.php/revista/article/view/268>
- Yucra Mamani, Y. J. (2021). Tutoría universitaria en tiempos de pandemia: una prioridad para los estudiantes del altiplano de Puno. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, 23(37), 113-137. <http://www.scielo.org.co/pdf/rhel/v23n37/0122-7238-rhel-23-37-113.pdf>

**Gladis Ivette Chan Chi.** Doctora en Educación por el Centro de Estudios Superiores del Sureste (México). Maestra en Innovación Educativa y licenciada en Educación por la Universidad Autónoma de Yucatán (México). Sus intereses se enfocan en aspectos vinculados a la formación de profesores, a la innovación educativa y a las TIC. En el ámbito universitario, destaca como coordinadora de la maestría en Innovación Educativa (2019-actualidad) y como responsable del proyecto de servicio social «Atención al bienestar familiar de los trabajadores manuales y administrativos del campus de ciencias sociales, económico-administrativas y humanidades de la Universidad Autónoma de Yucatán» (2016-2018). Directora de tesis y trabajos finales de licenciatura y posgrado. Autora de capítulos de libros y de artículos de investigación y divulgación en revistas indexadas. Cuenta con reconocimiento a perfil deseable (PRODEP) y es candidata en el Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores.

**Juanita Rodríguez Pech.** Doctora en Investigación Educativa por la Universidad de Granada (España). Licenciada y maestra en Educación por la Universidad Autónoma de Yucatán (México). Desempeña funciones de docencia, tutoría y dirección de tesis en los niveles de pre- y posgrado de esta última universidad. Facilitadora en cursos de formación de profesores de los niveles básico y superior. Colabora con el diseño, el rediseño y la evaluación curricular de planes de estudio de licenciatura y posgrado. Autora de capítulos de libros y de artículos de investigación en revistas indexadas. Posee reconocimiento a perfil deseable (PRODEP) y es candidata en el Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores. Áreas de interés para la investigación: desarrollo curricular y formación del profesorado.

**Marisa Zaldívar Acosta.** Doctora en Investigación Educativa para el Desarrollo del Currículum y de las Organizaciones Escolares por la Universidad de Granada (España). Mención *cum laude*. Especialista en Docencia y maestra en Innovación Educativa por la Facultad de Educación de la Universidad Autónoma de Yucatán (México). Especialista en Entornos Virtuales de Aprendizaje por la Universidad de los Altos (Argentina) y Virtual Educa, en convenio con la Organización de Estados Iberoamericanos. Docente en los niveles medio superior y superior de diversas instituciones públicas y privadas nacionales e internacionales (1997-actualidad). Directora de tesis de licenciatura y posgrado (2007-actualidad). Autora de capítulos de libros y de artículos de investigación y divulgación en revistas indexadas en áreas de formación educativa, incorporación de las TIC en la educación y habilidades blandas en la educación superior (2008-actualidad). Integrante del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores en el nivel de «candidata» (2021-actualidad).

**Contribución de autoras.** G. I. C. C., J. R. P. y M. Z. A. han participado a partes iguales en la elaboración de este estudio de investigación.

# El uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas: una revisión sistemática

**Jefferson Monroy Andrade**

Candidato a doctor en Educación por la Universidad San Buenaventura (Cali, Colombia)  
[jeffersonmonroyandrade@gmail.com](mailto:jeffersonmonroyandrade@gmail.com) | <https://orcid.org/0009-0003-3843-7873>

## Extracto

El uso de las tecnologías en la educación matemática es un tema de creciente interés debido a sus múltiples tipologías y tendencias. Este artículo presenta una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas. Utilizando el modelo PRISMA (*preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses*), se examina la evidencia disponible (2018-2023) sobre la inclusión del uso de las tecnologías en la enseñanza de las matemáticas y la importancia de considerar aspectos como la selección de la tecnología adecuada, la evaluación de su impacto, la importancia del enfoque pedagógico y su influencia sobre la retroalimentación, colaboración y motivación en la educación matemática. Los resultados muestran que tecnologías como el metaverso y su composición con la realidad virtual y aumentada tienen mayor acogida en la educación matemática debido a su interactividad en el estudio de los objetos y conceptos matemáticos. Por el contrario, tecnologías como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático requieren de un análisis de su evidencia empírica durante los próximos años para poder determinar su verdadera influencia e impacto. Por último, se considera que el uso de la tecnología no pretende sustituir al profesor, sino convertirse en una oportunidad para reflexionar sobre la pertinencia de la formación integral del ser humano.

**Palabras clave:** revisión sistemática; metodología PRISMA (*preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses*); nuevas tecnologías; educación matemática; tendencias; tipologías; modelación; plataformas en línea; dispositivos móviles; aplicaciones; juegos; gamificación; metaverso; inteligencia artificial.

Recibido: 13-05-2023 | Aceptado: 21-12-2023 | Publicado: 06-05-2024

**Cómo citar:** Monroy Andrade, J. (2024). El uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas: una revisión sistemática. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 115-140. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.18987>

# The use of new technologies in mathematics education: a systematic review

**Jefferson Monroy Andrade**

*Candidato a doctor en Educación por la Universidad San Buenaventura (Cali, Colombia)*

[jeffersonmonroyandrade@gmail.com](mailto:jeffersonmonroyandrade@gmail.com) | <https://orcid.org/0009-0003-3843-7873>

## Abstract

The use of technologies in mathematics education is a topic of growing interest due to its multiple typologies and trends. This article presents a systematic review of the literature on the use of new technologies in mathematics teaching. Using the PRISMA model (preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses), the available evidence (2018-2023) is examined on the inclusion of the use of technologies in mathematics teaching and the importance of considering aspects such as the selection of the appropriate technology, the evaluation of its impact, the importance of the pedagogical approach, and its influence on feedback, collaboration and motivation in mathematics education. The results show that technologies such as the metaverse and its composition with virtual and augmented reality are more popular in mathematics education due to their interactivity in the study of mathematical objects and concepts. On the contrary, technologies such as artificial intelligence and machine learning require an analysis of their empirical evidence over the next few years to determine their true influence and impact. Finally, it is considered that the use of technology is not intended to replace the teacher but as a possibility to rethink human education.

**Keywords:** systematic review; PRISMA methodology (preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses); new technologies; mathematics education; trends; typologies; modeling; online platforms; mobile devices; applications; games; gamification; metaverse; artificial intelligence.

Received: 13-05-2023 | Accepted: 21-12-2023 | Published: 06-05-2024

**Citation:** Monroy Andrade, J. (2024). The use of new technologies in mathematics education: a systematic review. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 115-140. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.18987>



## Sumario

1. Introducción
  2. Objetivo
  3. Método
  4. Resultados
    - 4.1. Simulación, modelación y visualización
    - 4.2. Herramientas de *software* matemático y programación
    - 4.3. Plataformas de aprendizaje en línea
    - 4.4. Dispositivos móviles y aplicaciones
    - 4.5. Juegos y gamificación
    - 4.6. Realidad aumentada, realidad virtual y metaverso
    - 4.7. Inteligencia artificial y aprendizaje automático
  5. Discusión
  6. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

**Nota:** el autor del artículo declara que todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de este estudio de investigación se han realizado de conformidad con las leyes y directrices institucionales pertinentes.

## 1. Introducción

El uso de la tecnología en la educación ha tenido un impacto significativo en el aprendizaje. En este sentido, la educación matemática no es una excepción. Los avances en la tecnología han permitido la creación de herramientas innovadoras que mejoran el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como el estudio de objetos matemáticos. En este artículo de revisión sistemática de la literatura, se exploran las tendencias tecnológicas actuales en relación con su uso en la educación matemática. También se identifican brechas de investigación relacionadas con el impacto y la efectividad de estas herramientas en el aprendizaje de las matemáticas.

Este artículo se deriva de un proyecto de investigación doctoral titulado «Descolonización del uso educativo de las tecnologías en la enseñanza de las matemáticas desde una perspectiva socioepistémica», cuya tesis de investigación se enmarca en la posibilidad de reflexionar críticamente sobre cómo el uso de las tecnologías ha sido moldeado por las relaciones de poder y las jerarquías culturales, lo cual repercute en la enseñanza de las matemáticas y en la promoción del diálogo entre saberes, conocimientos y prácticas culturales. El artículo presenta una ampliación del estado del arte en este campo de investigación a partir de una revisión sistemática de la literatura.

Utilizando el modelo PRISMA, se examina la evidencia disponible (2018-2023) sobre el uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. Se consideran varios aspectos: la selección de tecnología apropiada, la evaluación de su impacto y efectividad, la importancia de un enfoque pedagógico apropiado, la retroalimentación y la adaptación, así como el papel de la colaboración en el proceso de aprendizaje.

Los hallazgos indican que la integración de la tecnología puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes y promover el aprendizaje personalizado y efectivo. Sin embargo, aún quedan preguntas sin respuesta relacionadas con la selección y adaptación de tecnologías específicas, con los enfoques pedagógicos más efectivos, con el diseño de plataformas de aprendizaje en línea, con el uso de dispositivos y aplicaciones móviles, con la incorporación de realidad virtual y aumentada, con el diseño de juegos y estrategias de gamificación y con la evaluación de la efectividad de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en la personalización de la educación matemática.

## 2. Objetivo

El presente artículo tiene como objetivo fundamental realizar una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas con el fin de identificar las tipologías, las tendencias y las preguntas investigativas sin respuesta.

### 3. Método

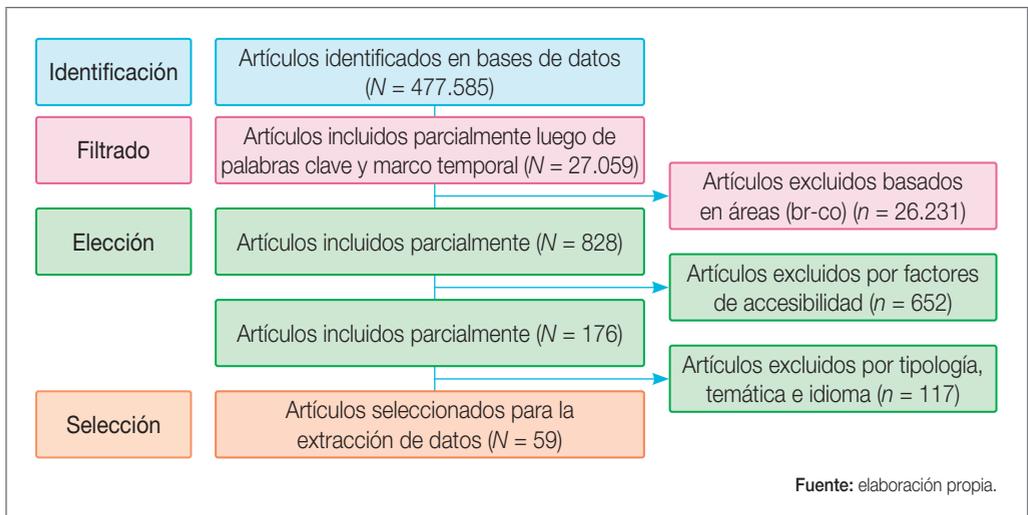
El artículo de revisión sistemática pretende examinar minuciosamente y con rigor toda la documentación científica disponible sobre un tema concreto con el propósito de proporcionar una síntesis completa y objetiva de la evidencia disponible (Moher *et al.*, 2009). A partir del diseño del modelo PRISMA y de los elementos y pasos que lo componen (Page *et al.*, 2021), se realizó la revisión sistemática orientada por la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las diferentes tipologías, tendencias y preguntas investigativas sin respuesta que dan cuenta del uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas?

La búsqueda de referentes bibliográficos siguió la siguiente ecuación de búsqueda: («tecnología» o «nuevas tecnologías» o «tendencias» o «tecnologías» o «*technology*» o «*technologies*») y («educación» o «enseñanza» o «aprendizaje» o «ensino»<sup>1</sup> o «*education*») y («matemáticas» o «matemática» o «*mathematics*»), delimitado a los años 2018-2023. Además, los factores de inclusión bibliográfica fueron artículos como resultado de investigación, tesis doctorales y trabajos de grado en español, inglés y portugués, procedentes de bases de datos como Scopus, Springer, EBSCO, Eric, Redalyc, Scielo, DOAJ y Google Scholar.

En particular, se ha adoptado y adaptado el diagrama de PRISMA, el cual consta de cuatro fases: identificación, filtrado (o cribado), elegibilidad e inclusión (González de Dios *et al.*, 2011).

Figura 1. Diagrama PRISMA



<sup>1</sup> *Ensino* significa «enseñanza» en portugués.

## 4. Resultados

A partir de la revisión sistemática de investigaciones se han identificado diversas tendencias en cuanto al uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza y en el aprendizaje de las matemáticas, las cuales se detallan a continuación.

### 4.1. Simulación, modelación y visualización

La «simulación» es una técnica que consiste en imitar la operación y funcionalidad de varios procesos utilizando un computador con el fin de determinar los resultados y las características que se esperan en la realidad (Giraldo-Torres *et al.*, 2008). En el contexto de la educación matemática (Bautista Sosa, 2022), se definen como objetos de aprendizaje a través de *software* que intentan modelar parte de la realidad. El propósito es que el estudiante construya conocimiento mediante la exploración, la inferencia y el aprendizaje.

Para Bautista Sosa (2022), la función didáctica de los simuladores está asociada a la capacidad de fortalecer las habilidades en la resolución de problemas y el desarrollo de habilidades científicas como resultado del estudio de las causas y efectos de los fenómenos. Además, resalta que el uso de simuladores en la enseñanza de las matemáticas es valioso al ofrecer formas prácticas y atractivas de aprender y experimentar con conceptos matemáticos abstractos, como, por ejemplo, el concepto de «número», facilitando su comprensión en la contextualización.

Lo anterior establece una base fundamental con el propósito de desarrollar nuevas estrategias pedagógicas y de evaluación, más efectivas y adaptadas a las necesidades de los estudiantes. Para ello, se hace necesario reconocer múltiples simuladores virtuales, como manifiesta Guanotuña Balladares *et al.* (2023), resaltando el uso creciente del simulador virtual PHET.

Este simulador se distingue como una herramienta altamente efectiva en el aprendizaje de las matemáticas gracias a la amplia variedad de aplicaciones disponibles en línea que hacen posible no solo considerar su influencia en el desarrollo de habilidades asociadas a la resolución de problemas matemáticos, sino que además permite, a partir de las experiencias de aprendizaje, la generación de nuevos conceptos y una evaluación continua a lo largo del proceso educativo.

Un aspecto importante dentro de la simulación es poder considerar la «visualización» y su papel fundamental en la educación matemática al permitir la formulación de preguntas a partir de los cambios identificados en las representaciones gráficas. Dicho de otro modo, la visualización en matemáticas es una herramienta esencial para el estudio y la caracterización de objetos matemáticos, tal como destaca González Hernández *et al.* (2021).

Este aspecto de la visualización se resalta como un componente clave en la educación matemática, ya que fortalece el proceso de resolución de problemas y promueve la participación de los estudiantes en clase, gracias al uso de los ambientes tecnológicos. Además, permite la comprensión de conceptos abstractos, como muestran los resultados de las investigaciones que destacan cómo el uso de herramientas visuales (gráficos y diagramas) mejora el entendimiento y la solución de problemas matemáticos (Gutiérrez Zuluaga *et al.*, 2020).

Por tanto, resulta relevante el enfoque de Tatiana Cox *et al.* (2022) en la selección adecuada de herramientas y tecnologías en la enseñanza de las matemáticas, destacando especialmente el uso de simuladores, modeladores y herramientas de visualización virtuales.

Estas herramientas han demostrado su efectividad en la comprensión de conceptos matemáticos que emergen en la solución de problemáticas cotidianas, al tiempo que contribuyen al incremento de la motivación a partir de su uso.

En esa misma línea, la «modelación» matemática involucra la representación simbólica de situaciones y fenómenos utilizando herramientas matemáticas para facilitar su comprensión y resolución (Bentancor Biagas, 2022). Además, brinda a los estudiantes la oportunidad de interactuar con su entorno social, cultural, físico y tecnológico, y les permite desarrollar habilidades para la resolución de problemas, el análisis de datos y la toma de decisiones (Ramón y Vilchez, 2019).

Villarreal y Mina (2020) resaltan la importancia de la modelación matemática como un enfoque educativo de las matemáticas debido a su relación con la tecnología y los fenómenos contextuales. De tal forma que De la Cruz Campos *et al.* (2022) destacan el uso de la impresión 3D en la educación como una particularidad o aplicación de la modelación, destacando numerosos beneficios que influyen en el aprendizaje. Entre los beneficios destaca el incremento de la motivación y el interés por aprender, la experimentación manipulativa y las habilidades mecánicas, espaciales y de pensamiento. Todos estos elementos claves contribuyen al proceso del aprendizaje significativo y, en el caso de las matemáticas, favorecen el estudio de los objetos matemáticos.

Un aspecto adicional que fortalece la modelación matemática, según manifiestan Ramón y Vilchez (2019), es su importancia en la formación de los futuros profesores de matemáticas y en el aprendizaje de los estudiantes de las zonas rurales.

Este enfoque se enmarca en el campo de interés de la modelación situada, tal como lo describen Villa-Ochoa *et al.* (2022), pues orienta a los estudiantes a interactuar directamente con su entorno y a la utilización de recursos digitales para desarrollar habilidades matemáticas asociadas a la resolución de problemas, a la representación, a la elaboración y a la recreación de conceptos, así como al diseño y a la modelación de situaciones contextuales.

## 4.2. Herramientas de *software* matemático y programación

Otros tipos de tecnologías utilizadas para la enseñanza de las matemáticas son aquellas que se basan en el uso de *softwares* matemáticos en línea y de los lenguajes de programación. Un ejemplo de estos *softwares* es GeoGebra, que permite la caracterización analítica y geométrica de los objetos matemáticos. En cuanto a los lenguajes de programación, destaca Scratch, que utiliza bloques para desarrollar programación educativa y robótica, lo que permite materializar, a partir de las aplicaciones, las concepciones matemáticas.

Bajo esta premisa, es fundamental destacar que el *software* matemático GeoGebra es reconocido por ser la tecnología digital más empleada, superando a otras tecnologías tales como Régua e Compasso, Compasso Eletrônico, Meplot Free, Winplot, Excel, Prezi, videojuegos y blogs (*homepage*) (Sánchez *et al.*, 2021). Esto se debe a las amplias posibilidades que ofrece GeoGebra en cuanto al análisis geométrico dinámico y algebraico de múltiples representaciones semióticas, como gráficos cartesianos, tablas de valores y figuras geométricas (Andrés *et al.*, 2021). Además, GeoGebra destaca como una herramienta tecnológica que fomenta la experimentación, la contextualización, la formulación de hipótesis y la argumentación entre los estudiantes (Oliveira García *et al.*, 2021).

Flores Cuevas *et al.* (2021) explican la importancia de GeoGebra como estrategia de enseñanza en la educación tradicional debido a los resultados positivos en el desarrollo del pensamiento espacial y crítico. Específicamente, subrayan su capacidad para generar concepciones geométricas que difícilmente se alcanzan en los métodos tradicionales, como el empleado con el uso del papel y el lápiz, y destacan, además, su contribución al desarrollo de competencias necesarias para el buen vivir a través del estudio de los fenómenos que conforman su realidad cotidiana. Adicionalmente, Aguirre Arrabal *et al.* (2022) permiten considerar las fortalezas sobre escenarios no tradicionales de la educación, como los dispuestos por la plataforma virtual Blackboard y su sistema de gestión de aprendizaje (*learning management system* [LMS]). Estos escenarios centran el desarrollo de la enseñanza y el aprendizaje a través de videoconferencias, donde GeoGebra se convierte en una de las principales herramientas utilizadas entre los docentes debido a que favorece al trabajo autónomo de los estudiantes en este tipo de escenarios.

Por otra parte, es claro que la implementación de GeoGebra en el aula ofrece ventajas significativas para la enseñanza de las matemáticas. Sin embargo, su uso requiere un alto grado de responsabilidad y compromiso por parte de los docentes, debido a que no todos logran adquirir las suficientes competencias que les permitan innovar en su experiencia tecnológica ni en su práctica educativa (Valbuena Duarte *et al.*, 2021).

Según Nunes *et al.* (2020), Padilla Escorcía *et al.* (2022) y Pereira Zorzín y Gomes da Silva (2022), resulta fundamental que los profesores, independientemente de su edad o género, reciban una formación adecuada en el uso de recursos tecnológicos en la enseñanza de las matemáticas y que continúen investigando y refinando sus conocimientos en relación con la

tecnología en el contexto educativo. Esto permite garantizar que el uso de GeoGebra no se reduzca a una simple sustitución de la pizarra o de una hoja de trabajo, es decir, a un uso instrumental que no aprovecha todo el potencial de esta tecnología digital.

En ese sentido, se vislumbra la necesidad de construir modelos de enseñanza que utilicen la tecnología con fines pedagógicos, disciplinares, didácticos e inclusivos para propiciar escenarios que favorezcan el interés, la motivación y la gestión por aprender. Es decir, elementos que vayan en dirección opuesta al método tradicional de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, el cual puede ser descontextualizado, memorístico, mecánico, poco reflexivo y falto de innovación pedagógica, lo que limita la participación activa de los estudiantes (Pimbo-Tibán *et al.*, 2023).

En respuesta a la necesidad anterior, es importante destacar que el lenguaje de programación por bloques a través de Scratch 3.0 ha sido reconocido como una herramienta para el fortalecimiento del pensamiento matemático y computacional. Este lenguaje promueve el desarrollo de algoritmos en la resolución de problemas, el razonamiento lógico y las competencias matemáticas, y contribuye a la igualdad de género en los ambientes educativos, tecnológicos y de mercadeo (Maraza-Quispe *et al.*, 2023; Martínez Ortegón *et al.*, 2022; Oliveira Bastos *et al.*, 2020).

En esta línea de ideas, la robótica educativa, como resultado del uso de lenguajes de programación, aporta múltiples beneficios en el desarrollo de habilidades académicas y sociales de los estudiantes, como es el caso de la concentración, la creatividad y el trabajo en equipo, entre otras. Asimismo, contribuye al empoderamiento tecnológico y reduce la percepción de una falsa diferencia de desempeño de género en el campo de la ciencia y la ingeniería, lo que fomenta el interés en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (*science, technology, engineering and mathematics* [STEM]). Además, se ha demostrado que mejora el pensamiento crítico y la resolución de problemas, a la vez que desarrolla habilidades en escritura, lectura, colaboración y comunicación (Oliveira Bastos *et al.*, 2020).

### 4.3. Plataformas de aprendizaje en línea

El uso de plataformas de aprendizaje en entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje es cada vez más común. Su finalidad es mejorar la calidad del proceso educativo y hacerlo más accesible, eliminando las barreras de espacio y tiempo (Fernández Naranjo y Rivero López, 2014). Una de las principales plataformas en línea que permite interactuar con sitios web y, al mismo tiempo, desarrollar competencias matemáticas y aspectos actitudinales y sociales en estudiantes de secundaria es la Web 2.0. Esta herramienta facilita una interacción más activa y colaborativa a través de actividades en línea, como la creación de blogs, wikis, vídeos o el aprovechamiento de recursos en línea, como MathPapa y Wiris (Palma Alameda, 2023).

Dentro las herramientas destacadas de la Web 2.0, se encuentra la plataforma de gestión de espacios de aprendizaje Moodle. Considerada como una intervención pedagógica en la enseñanza de las matemáticas, esta herramienta permite explorar las nuevas tecnologías de manera práctica y facilita la resolución de problemas matemáticos incluso sin conocimientos previos (Calderón Pérez *et al.*, 2022). Además, Moodle es aplicable al aprendizaje de las matemáticas de orden superior y su uso puede mejorar significativamente el acceso a la educación, al reducir barreras geográficas y económicas para los estudiantes. También contribuye a fortalecer el proceso evaluativo y de retroalimentación por parte del docente debido a la amplia variedad de actividades prácticas y sistemáticas que conforman la plataforma (Cortés Costés *et al.*, 2020). Por otra parte, dos ejemplos de plataforma de aprendizaje en línea son Khan Academy y Lesson Plans (Symbaloo), las cuales se presentan como herramientas complementarias ideales para Moodle debido a su versatilidad, flexibilidad y amplia variedad de recursos interactivos. Destacan, entre ellos, la variedad de vídeos, imágenes, ejercicios, juegos y problemas interactivos asociados a diferentes temáticas que son fundamentales para el aprendizaje de los estudiantes de matemáticas.

Estos recursos no solo fomentan el desarrollo de habilidades y competencias matemáticas en términos de cómo solucionar problemas, sino que también fortalecen la comunicación y el compromiso, y motivan el proceso de enseñanza y aprendizaje (Farfán-Pimentel *et al.*, 2022; Mero Pico y Gutiérrez Navia, 2022; Tovar Ortega *et al.*, 2020).

Por otra parte, la Plataforma Adaptativa de Matemática (PAM), disponible como una alternativa a Moodle, se presenta como una herramienta tecnológica digital educativa que tiene como objetivo mejorar el aprendizaje de las matemáticas, adaptando el contenido a las necesidades y habilidades de cada estudiante. La PAM emerge como respuesta a los escasos apoyos que reciben los docentes en lo que respecta al uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el fortalecimiento de las competencias y habilidades matemáticas (Vaillant *et al.*, 2020). Tanto Moodle como PAM pueden complementarse con metodologías relacionadas con el aprendizaje electrónico basado en tecnologías digitales, especialmente internet. Entre estas destaca *blended learning*, una metodología que combina la enseñanza tradicional en las aulas con el aprendizaje en línea. Esta metodología no solo beneficia el aprendizaje de las matemáticas, sino que también promueve el desarrollo de la comunicación como facilitadora de la interacción social y de la adquisición del conocimiento (Aburto Iparraguirre, 2022).

Este tipo de plataformas incluye eXeLearning, una herramienta de codificación libre que se basa en la tecnología XML (*extensible markup language*) y que permite a los docentes crear contenido educativo interactivo, como actividades, ejercicios, presentaciones y cuestionarios, y a los estudiantes, fomentar el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas (Molano Pino, 2022). Además, un elemento importante en la configuración de estrategias didácticas para la enseñanza de las matemáticas que se basan en eXeLearning es considerar el papel del docente en la elección de las posibilidades (iDevices) que componen las actividades, de tal forma que los objetivos propuestos sean alcanzables mediante la motivación y el compromiso de los estudiantes (Yáñez Ortiz y Nevárez Toledo, 2018).

## 4.4. Dispositivos móviles y aplicaciones

El uso de *softwares* y plataformas digitales implica inevitablemente el empleo de dispositivos (Vaillant *et al.*, 2020). En ese sentido, la relación entre las aplicaciones, los dispositivos móviles y la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas no solo responde a la alta demanda de este tipo de tecnología, sino también a su impacto en el desarrollo de habilidades y competencias matemáticas, así como en el pensamiento de los estudiantes.

Se ha comprobado que el uso de tecnologías móviles, como, por ejemplo, la tableta digital, puede generar respuestas positivas por parte de los estudiantes. Esto se ve reflejado en el grado de aceptación de las actividades propuestas, así como en su desempeño académico en matemáticas, lo que contrasta con la creencia popular de que el uso de dispositivos móviles en el aula es perjudicial para el aprendizaje (Fabian *et al.*, 2018).

Integrar enfoques educativos como el *m-learning*, modalidad de aprendizaje electrónico que se lleva a cabo a través de dispositivos móviles como *smartphones* o *tablets*, permite a los estudiantes poder acceder a los recursos de aprendizaje de manera autónoma y en cualquier lugar. La tendencia actual en educación BYOD (*bring your own device*) posibilita que los estudiantes lleven sus propios dispositivos móviles a la escuela para utilizarlos en su aprendizaje, facilitando a los docentes la creación de experiencias de aprendizaje interactivas y personalizadas, así como el fomento de proyectos colaborativos (Molano Pino, 2022).

Sobre esa línea de ideas, las aplicaciones interactivas que componen los dispositivos móviles han demostrado ser una herramienta efectiva en la enseñanza de las matemáticas en todos los niveles. Estas aplicaciones permiten determinar una posible mejora en las habilidades y competencias asociadas a la representación, comunicación y resolución de problemas matemáticos, así como en el fortalecimiento de los procesos lectores de los estudiantes de primaria, incluidos aquellos con recursos limitados (Pitchford *et al.*, 2019).

Algunas de estas aplicaciones, diseñadas específicamente para dispositivos móviles con sistema Android y desarrolladas bajo el lenguaje de programación Java, buscan no solo el desarrollo de habilidades y competencias matemáticas en lo referido a los procesos algorítmicos y en la caracterización de objetos matemáticos, sino también la creación de procesos educativos de formas lúdicas y didácticas con ambientes visualmente atractivos y animados (Hu, 2022).

Dos de las aplicaciones más influyentes que han transformado la comunicación y la educación, incluyendo la educación matemática, son, por un lado, YouTube, como plataforma y aplicación de vídeos en línea. Su capacidad para permitir a los usuarios cargar, ver y compartir vídeos impulsa la necesidad de incorporar nuevos lenguajes de comunicación e interacción en las prácticas docentes, así como la necesidad de formación docente para facilitar y coordinar la creación, el almacenamiento y la compartición de vídeos (Beltrán-Flandoli *et al.*, 2023). Además, uno de los aspectos más importante de YouTube consiste

en el uso pedagógico referido a la introducción, valoración y retroalimentación de contenidos matemáticos a través de sus contenidos audiovisuales. Por otro lado, la aplicación de mensajería instantánea WhatsApp se considera un recurso altamente pedagógico y didáctico en el diseño de sesiones de aprendizaje que busca desarrollar competencias y habilidades matemáticas y comunicativas asociadas a la resolución de problemas. Uno de los aspectos más destacados de WhatsApp es su capacidad para proporcionar retroalimentación y valoración de las actividades propuestas a través de listas de verificación. Además, se subraya la importancia de utilizar esta herramienta en el contexto educativo y, al igual que ocurre con YouTube, su uso debe ser planificado y evaluado cuidadosamente para garantizar su efectividad en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Lizama Cisnero, 2022).

El aumento significativo de aplicaciones disponibles y la capacidad de intercambiar información entre ellas hace posible considerar la ciberformación como una forma de interactuar con el profesor de matemáticas y con las actividades matemáticas en sí mismas. En este contexto, el uso de memes, como vídeos, imágenes, frases o conexiones entre el estudiante y la actividad matemática, ha demostrado ser especialmente efectivo, no solo en términos de mejorar la actitud y percepción hacia el aprendizaje matemático, sino también en la generación de espacios que permitan abordar fenómenos como la violencia simbólica, presente en las prácticas educativas (Friske y Rosa, 2021).

Cuando se aborda el tema de aplicaciones móviles e interactivas en la enseñanza y en el aprendizaje de las matemáticas, es evidente que los dispositivos móviles, en particular los teléfonos inteligentes, desempeñan un papel crucial en el proceso educativo. En la educación universitaria, por ejemplo, el uso de estos dispositivos no solo es altamente valorado, sino que también puede mejorar el aprendizaje, la organización y la comunicación tanto dentro como fuera del aula. No obstante, para que el uso de estos dispositivos tenga éxito, es necesario considerar factores como la infraestructura, la conectividad y la capacitación de los usuarios involucrados (López *et al.*, 2022; Orellana-Campoverde y Erazo-Álvarez, 2021).

## 4.5. Juegos y gamificación

Los recursos disponibles para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas incluyen tanto juegos educativos digitales como no digitales y metodologías activas como la gamificación. Los juegos educativos digitales resultan altamente atractivos y divertidos para los estudiantes gracias a las competencias, los retos y las recompensas que ofrecen, así como por la inmediatez y la interactividad. Mientras tanto, los juegos no digitales, que constituyen el aprendizaje basado en juegos (*game-based learning* [GBL])<sup>2</sup>, también permiten escapar de los esquemas tradicionales de enseñanza, resaltando el compromiso y la motivación de los estudiantes.

---

<sup>2</sup> Metodología de enseñanza que utiliza los videojuegos y los juegos, en general, como herramientas para el aprendizaje.

La gamificación consiste en la inclusión de elementos de juego en otros tipos de escenarios que no son propiamente juegos, como el ámbito educativo (Guzmán-Rivera *et al.*, 2020; Zabala-Vargas *et al.*, 2020). En ese sentido, en el ámbito de la educación matemática, los videojuegos y la gamificación surgen como herramientas capaces de fortalecer competencias relacionadas con el manejo de datos numéricos, la modelación, la identificación de espacios, la comprensión de la variación de variables y la aleatoriedad presente en la naturaleza, entre otras habilidades (Godoy Cedeño, 2020; Ruiz Méndez, 2022).

En la percepción positiva que los estudiantes tienen hacia el uso de juegos, se han identificado distintos resultados que favorecen el estudio de objetos matemáticos, como la mejora en el aprendizaje del álgebra, la lógica matemática, el cálculo y la resolución de ecuaciones (Cladera-Estelrich, 2022; Kanobel *et al.*, 2022). Otro aspecto importante que resalta la gamificación como estrategia pedagógica es la contribución a la disminución de los niveles de estrés que se generan como resultado de la comparación de las realidades escolares, sociales y económicas de los estudiantes (Encalada Díaz, 2021).

El uso de los videojuegos y de la gamificación no solo permite desarrollar competencias exclusivamente matemáticas, sino que también potencia habilidades STEM (*science, technology, engineering, and mathematics* [ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas])<sup>3</sup>, como la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la creatividad, la comunicación y la colaboración, entre otras, que son esenciales en la resolución de situaciones y problemáticas reales (Ramírez-Orozco, 2022).

En este contexto, resulta importante señalar que el aprendizaje basado en juegos STEM, dentro del enfoque STEM, se puede definir como un proceso que implica la creación de entornos STEM interactivos mediante juegos digitales, siguiendo un desarrollo sistemático que fortalezca las habilidades propias del enfoque. No obstante, es importante considerar que dicho objetivo y su éxito está supeditado a una preparación adecuada de los diseñadores de los juegos (Ishak *et al.*, 2021).

La necesidad de considerar complementos a la gamificación para alcanzar los objetivos propuestos es evidente. Tanto la gamificación y su relación con la realidad virtual ofrecen posibilidades en el fortalecimiento de habilidades y competencias asociadas a los enfoques STEM y STEAM (*science, technology, engineering, art and mathematics* [ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas])<sup>4</sup>. Mientras la gamificación mejora la experiencia de aprendizaje del objeto matemático en la educación media, la realidad virtual permite que este se convierta en un elemento común en la vida cotidiana y pueda ser caracterizado (Chacón Gómez, 2022).

---

<sup>3</sup> Enfoque educativo que integra las cuatro disciplinas con el fin de desarrollar habilidades en los estudiantes que les permitan abordar y resolver problemas complejos de manera creativa y eficiente.

<sup>4</sup> Metodología que busca desarrollar habilidades y competencias en los estudiantes que les permitan hacer frente a desafíos complejos y resolver problemas de manera creativa y colaborativa, utilizando un enfoque interdisciplinario y práctico.

## 4.6. Realidad aumentada, realidad virtual y metaverso

La coyuntura mundial generada por la pandemia de la COVID-19 ha tenido un impacto significativo en el uso de la tecnología. Se ha observado una aceleración en su evolución y en la influencia que ejerce en distintos ámbitos, incluyendo la educación, donde se ha vuelto esencial incorporar nuevas tipologías y usos tecnológicos como es el caso de la realidad virtual, la realidad aumentada y el metaverso (Ruiz Méndez *et al.*, 2022).

En el ámbito de la educación matemática, la realidad virtual se presenta como una herramienta muy valiosa gracias a su capacidad para sumergir completamente a los estudiantes en entornos virtuales, lo que les permite interactuar de manera natural y vivir una experiencia de tipo multisensorial. Por esta razón, la realidad virtual tiene el potencial de mejorar el aprendizaje al poder combinarse con otros enfoques, como el de la interacción basada en la realidad (*reality-based interaction* [RBI])<sup>5</sup>. Un ejemplo de ello es cuando una tarea de aritmética mental se contextualiza desde la realidad virtual, lo que resulta una experiencia motivadora y atractiva para los estudiantes, disminuyendo así la carga cognitiva requerida (Jost *et al.*, 2020).

La efectividad de la realidad virtual y su interacción con otros enfoques educativos (RBI, STEM, STEAM, etc.) está estrechamente relacionada con las decisiones tomadas por los líderes y gestores de políticas educativas. La importancia de estas decisiones radica en su capacidad para impulsar el desarrollo y la capacitación de los profesionales y docentes, influyendo así en las comunidades de práctica, en el aprendizaje y en la motivación de los estudiantes (Mystakidis y Christopoulos, 2022). En ese contexto, se hace necesario explorar la ventajas y desventajas que proporciona la implementación de la realidad virtual en los procesos de aprendizaje de las matemáticas (Chacón Gómez, 2022).

La realidad aumentada, por su parte, permite superponer elementos virtuales en el mundo real, lo que amplía la realidad física y ofrece nuevas formas de interacción. En ese sentido, el desarrollo de aplicaciones móviles ha sido fundamental para potenciar el acceso a este tipo de tecnologías y su inclusión en el campo educativo y profesional, donde se evidencian las posibilidades para fortalecer la motivación y el compromiso de los estudiantes con el aprendizaje (López *et al.*, 2022).

Las tecnologías educativas que combinan la realidad aumentada y la realidad virtual con aplicaciones exclusivas en las áreas STEM son ofrecidas por la empresa zSpace a través de objetos simulados en escenarios virtuales. Estas tecnologías educativas permiten a los estudiantes explorar, practicar e interactuar con contenido STEM sin hacer frente a desafíos de tipo financiero ni preocupaciones éticas, como es el caso de los costos logísticos

---

<sup>5</sup> Interacción entre una persona y un entorno virtual que simula la realidad de forma muy realista.

asociados con la construcción de prototipos o el riesgo de daños a animales durante la exploración de un sistema anatómico. Además, garantizan un entorno seguro mientras se llevan a cabo este tipo de experimentos (Petrov y Atanasova, 2020).

En el contexto de la educación matemática, la realidad aumentada se presenta como un recurso valioso para fortalecer el aprendizaje de los vectores. A partir de la visualización y de la manipulación de vectores en un sistema tridimensional generado por la realidad aumentada, los estudiantes pueden superponer vectores virtuales en el mundo real, lo que les permite ver de manera más intuitiva y dinámica la relación entre los vectores y los objetos del mundo real (Ramírez-Orozco, 2022).

La importancia del metaverso radica en las posibilidades que ofrece para crear entornos virtuales tridimensionales a partir de las realidades virtual y aumentada. Desde la perspectiva de la educación, dichos entornos permiten la interacción entre estudiantes y profesores, favoreciendo el intercambio de conocimientos, lo que destaca al metaverso como un medio potencialmente valioso de comunicación y representación de ideas (Lévy y Zapata, 2023).

En el metaverso, la técnica educativa más adecuada combina el aprendizaje colaborativo con el pensamiento crítico, aprovechando las características únicas del entorno virtual. Esta estrategia permite a estudiantes y profesores trabajar juntos en tiempo real, construyendo conocimiento de manera conjunta y fomentando la reflexión crítica al explorar y crear escenas en 3D (Avalos Pulcha, 2023).

Frente a la educación matemática, el uso del metaverso se considera una tecnología prometedora, ya que esta nueva forma de combinar el mundo real con el virtual tiene el potencial de hacer la enseñanza más dinámica, creativa e innovadora, incentivando de este modo a los estudiantes para un aprendizaje más interactivo e interesante del estudio en cuestión (Rabello y Bernardino 2023).

Ahora bien, la combinación de la realidad virtual, la realidad aumentada, el metaverso y la inteligencia artificial conforman la realidad virtual expandida, la cual posibilita la creación de mundos virtuales detallados, ofreciendo a los usuarios experiencias interactivas y realistas. En el ámbito educativo, la realidad virtual expandida permitirá a los estudiantes explorar entornos virtuales interactivos para un aprendizaje práctico y vivencial, donde será posible recrear eventos históricos, simular experimentos científicos y sumergirse en culturas lejanas, enriqueciendo así los horizontes educativos con aprendizaje experiencial (Avalos Pulcha, 2023).

## 4.7. Inteligencia artificial y aprendizaje automático

El reconocimiento de patrones, la toma de decisiones, el aprendizaje y la resolución de problemas son tareas que podrían normalizarse dentro de la cotidianidad del ser humano, pero, para las máquinas, esa capacidad de abordarlas es campo de acción de la inteligencia artificial (Rouhiainen, 2018).

En el ámbito educativo, la inteligencia artificial está adquiriendo importancia debido a su capacidad para crear experiencias de aprendizaje más personalizadas. Esto se logra permitiendo que los sistemas se adapten a los ritmos de aprendizaje de cada estudiante, que identifiquen sus áreas de fortaleza y debilidad y que proporcionen contenido y actividades específicas diseñadas para cubrir sus necesidades individuales (Pérez González *et al.*, 2023). En ese sentido, iniciativas que abarcan la ubicuidad, la cognición y la interactividad tienen el potencial de ser respaldadas por la inteligencia artificial, lo que contribuye a establecer condiciones y determinar un alcance virtual diferenciado en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Souza e Silva *et al.*, 2022).

La implementación de la inteligencia artificial en la educación implica una actualización del concepto de «tecnologías de la información» y requiere de una formación de los profesores en términos de su uso. Esto permitirá que lleven a cabo con éxito el proceso educativo en el moderno entorno educativo digital, con elementos de inteligencia artificial integrados (Vlasova *et al.*, 2019).

Tomando como punto de partida la enseñanza de las matemáticas, resulta destacable el papel de la inteligencia artificial desde dos perspectivas. La primera, se encuentra asociada al perfeccionamiento de algoritmos que abordan las problemáticas del álgebra lineal, como es el caso de las matrices, de los vectores y de los sistemas de ecuaciones, regresiones y transformaciones lineales, todas ellas relacionadas con la eficiencia computacional (Andrade-Manguay *et al.*, 2023). La segunda, desde el enfoque denominado «*machine learning-reinforcement learning*», donde se utiliza el juego para proporcionar retroalimentación sobre los conceptos matemáticos, mientras que, al mismo tiempo, se busca comprender los mecanismos fundamentales de la inteligencia artificial (Calabuig *et al.*, 2021).

Además, es posible fomentar el autoaprendizaje desde la arquitectura *transformer* desarrollada por OpenAI y denominada ChatGPT (*generative pre-trained transformer*). Esta tecnología, ideada como una red neuronal artificial generadora de respuestas coherentes y contextualizadas a partir de una entrada dada, se convierte en una herramienta invaluable para el desarrollo autónomo de habilidades matemáticas (Gavira Durón, 2023).

El uso del asistente virtual de ChatGPT permite, a partir del planteamiento y de la verificación de preguntas y problemas matemáticos asociados a la lógica, a la aritmética y a la factorización, el fortalecimiento de habilidades matemáticas, así como la autonomía y el pensamiento crítico en los estudiantes (Castro *et al.*, 2023; Gavira Durón, 2023). Por otra parte, ChatGPT, como tecnología innovadora capaz del procesamiento y del análisis de grandes cantidades de información, permite su aplicación a otras disciplinas, como la filosofía, la ciencia y la política (Castro Morales *et al.*, 2023).

El «aprendizaje automático» es una técnica de la inteligencia artificial que se enfoca en el desarrollo de algoritmos que permiten a las máquinas aprender de los datos y mejorar su rendimiento con la experiencia. La «minería de datos» es un caso particular de esta técnica, que se utiliza para analizar grandes conjuntos de datos y descubrir patrones y relaciones ocultas (Peralta Egea, 2023).

En el ámbito de la enseñanza de las matemáticas, la minería de datos se ha empleado para analizar el comportamiento de los estudiantes al interactuar con sistemas de tutoría inteligente diseñados para enseñar matemáticas a nivel secundario. Estos estudios permiten identificar patrones de búsqueda de ayuda y, en consecuencia, identificar áreas problemáticas en las que los estudiantes podrían necesitar más apoyo o atención (Meléndez-Armenta *et al.*, 2022).

## 5. Discusión

La inclusión del uso de las nuevas tipologías y/o tendencias tecnológicas en la enseñanza de las matemáticas es un tema de creciente importancia debido a su ubicuidad y aplicabilidad en la resolución de situaciones cotidianas, así como en el estudio y en la comprensión de los objetos matemáticos.

Sin embargo, para lograr esto se hace necesario reflexionar sobre diversos aspectos fundamentales, entre los que se encuentran preguntas abiertas y nodos de discusión referidos a la selección adecuada de la tecnología, el enfoque pedagógico que la soporta, su impacto y su retroalimentación, entre otros.

Un primer aspecto se refiere a la selección adecuada de la tecnología (o tecnologías) que se va a utilizar, debido a que no todas las tecnologías permiten evidenciar resultados positivos en los estudiantes, por lo que es importante tomar en consideración las necesidades específicas de los estudiantes y del entorno educativo a la hora de elegir la tecnología (o tecnologías) más adecuada. Lo anterior permitirá reflexionar sobre las preguntas emergentes relacionadas con las formas de abordar las problemáticas asociadas a la brecha tecnológica, al tiempo que se garantiza la equidad en la educación matemática.

Tomando en consideración lo anterior, la selección debe estar guiada por las intencionalidades del profesor y de los estudiantes. Por ejemplo, si el objetivo es mejorar la comprensión de los conceptos matemáticos, se pueden utilizar herramientas de visualización o simulaciones (Guanotuña Balladares, 2023). Si, por el contrario, lo que se pretende es fortalecer el razonamiento y la resolución de problemas, es conveniente utilizar tecnologías que promuevan la interactividad, como es el caso de la modelación matemática, la realidad virtual, la realidad aumentada y el metaverso, entre otras (Ramón y Vilchez, 2019).

Otro aspecto importante consiste en evaluar el impacto y la eficacia de las tecnologías utilizadas, de tal manera que sea posible determinar las que son más efectivas y cómo estas pueden ser utilizadas de manera acertada en el fortalecimiento del aprendizaje de las matemáticas en los estudiantes. Por ejemplo, la investigación realizada por González Hernández *et al.* (2021) concluyó que el uso de una tecnología de visualización como GeoGebra mejoró significativamente la comprensión de los estudiantes en relación con los conceptos

matemáticos. Sin embargo, es importante considerar la complementariedad con otras tecnologías, de tal forma que la combinación de estas tecnologías con plataformas en línea, técnicas de gamificación o aplicaciones de realidad virtual puede ofrecer oportunidades que permitan optimizar el aprendizaje de las matemáticas, siempre teniendo en cuenta los objetivos específicos de cada actividad.

La necesidad de un enfoque pedagógico adecuado que contemple el uso de las tecnologías resulta otro aspecto fundamental, y es que el uso de las tecnologías tiene un rol mediador que pretende apoyar y fortalecer la enseñanza de las matemáticas, contrario a las afirmaciones que estiman que dicho interés es el de la sustitución. En este sentido, es importante que los profesores estén capacitados para utilizar las tecnologías de forma idónea y que estas puedan ser integradas de manera coherente en su práctica pedagógica (Orellana-Campoverde y Erazo-Álvarez, 2021).

Por su parte, Ishak y Hasran (2021) manifiestan que la formación de profesores en el uso de tecnologías digitales puede mejorar significativamente su capacidad para integrarlas en la enseñanza de las matemáticas y, con ello, el cumplimiento de los objetivos propuestos. Esta afirmación lleva a reflexionar sobre cómo debería ser la formación de los profesores de matemáticas para incluir adecuadamente el uso de las tecnologías y sobre las resistencias al cambio que pueden surgir entre los profesores al incluir las tecnologías en sus prácticas pedagógicas.

La retroalimentación y la adaptación son aspectos importantes que se deben considerar al incluir las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas. En este sentido, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático pueden proporcionar retroalimentación personalizada y adaptativa a los estudiantes (Varela Uribe, 2021), lo que resulta especialmente efectivo para atender las necesidades individuales y mejorar el aprendizaje. De hecho, algunas herramientas, como el juego Battleship, pueden adaptar el contenido y las actividades de aprendizaje según las necesidades específicas de cada estudiante (Calabuig *et al.*, 2021).

Por otra parte, la adaptación curricular resulta importante en el contexto del uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. Es fundamental que los currículos matemáticos sean diseñados de manera que permitan alcanzar los objetivos propuestos mediante el uso adecuado de las tecnologías. Además, es importante explorar las posibilidades que ofrecen las tecnologías para transformar las estructuras y los enfoques de las cátedras y de los cursos de matemáticas.

Por último, es importante tener en cuenta la influencia del uso de las tecnologías en el fomento de la colaboración y motivación entre los estudiantes. En ese sentido, se hace necesario reflexionar sobre la forma más adecuada de hacer un uso combinado de las tecnologías, como, por ejemplo, WhatsApp y YouTube. Por un lado, es importante explorar cómo estas plataformas pueden promover la colaboración entre estudiantes en la resolución de problemas matemáticos y la comprensión de conceptos matemáticos abstractos de manera

más clara. Por otro lado, es fundamental investigar de qué modo hacer un uso adecuado de este tipo de tecnologías para construir actividades más interactivas y dinámicas que ayuden a los estudiantes a desarrollar valores y habilidades como el empoderamiento, la concentración, la creatividad o la motivación, entre otros.

## 6. Conclusiones

El objetivo de este artículo se ha centrado en identificar, mediante una revisión sistemática de literatura, algunas tipologías, tendencias y preguntas de investigación en cuanto al uso de las tecnologías en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

Se concluye que, entre los años 2018-2023, ha habido una significativa y robusta producción científica que da cuenta sobre el uso de las tecnologías en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en todos los niveles escolares.

Se identificaron diversas tecnologías y tendencias. Algunas, como el metaverso y su composición con la realidad virtual y aumentada, se superponen actualmente en los entornos educativos debido a su interactividad en el estudio y comprensión de los objetos y conceptos matemáticos. Otras, como el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, sería interesante poder analizarlas durante los próximos años con el propósito de poder determinar con evidencias empíricas la verdadera influencia e implicación sobre la educación matemática.

Frente a los diversos aspectos fundamentales que hay que tener en cuenta en la inclusión del uso de las tecnologías en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, es importante destacar que, si bien es cierto que se consideraron elementos que revisten preocupaciones antes y durante la dinámica escolar matemática y que están relacionadas con la logística y los actores, como es el caso de la elección adecuada de la tecnología, el enfoque pedagógico, su impacto y su retroalimentación, colaboración y motivación, es importante manifestar que existen aspectos aún por considerar, los cuales están asociados a los desafíos éticos y de privacidad en el uso de algunas tecnologías, como es el caso de la inteligencia artificial.

Por último, es importante destacar que, aunque el uso de las tecnologías en la educación matemática ha ganado importancia en los últimos años, su finalidad no pretende sustituir al profesor ni sus funciones. Más bien, representa una oportunidad para descentralizar la enseñanza exclusiva sobre los aspectos cognitivos asociados al estudio de los objetos y conceptos matemáticos hacia aspectos relacionados con la formación integral del ser humano, sus valores, emociones y creencias.

En otras palabras, el uso de la tecnología se concibe como una posibilidad que conlleve a reflexionar sobre la pertinencia de la formación integral del ser humano.

## Referencias bibliográficas

- Aburto Iparraguirre, S. N. (2022). *Blended learning en el aprendizaje del área de Matemática*. Universidad Nacional del Santa. Repositorio Institucional Digital. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4087>
- Aguirre Arrabal, C., García-Centeno, M.<sup>a</sup> C., Inchausti Tabuenca, E. y Rodríguez Sánchez, S. (2022). El impacto de la tecnología en los resultados de los alumnos. *Anales de ASEPUMA*, 30, 1-19. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8692709>
- Andrade-Manguay, M., Sánchez-Sánchez, A., Valle-Chicaiza, W., Paucar-Tubon, E., Constante-Amores, A., Núñez-Oñate, T., Mejía-Escalante, J., Salinas-Ramos, V., Núñez-Aldas, S. y Fiallos-Núñez, L. (2023). La inteligencia artificial en el dominio del sistema educativo: un estudio cuantitativo desde el desarrollo y evolución de la matemática. *Polo del Conocimiento*, 8(9), 1.561-1.572. <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v8i9.6097>
- Andrés, M., Coronel, M.<sup>a</sup> T., Rico, E. di, Luna, J. P. y Sessa, C. (2021). El papel de las representaciones en la pantalla de GeoGebra en el trabajo matemático del aula. Investigación colaborativa en torno a la enseñanza de funciones en la escuela secundaria. *Educación Matemática*, 33(3), 7-38. <https://doi.org/10.24844/em3303.01>
- Avalos Pulcha, J. L. (2023). *Metaverso en educación digital universitaria, 2023* (Trabajo de maestría). Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/121033>
- Bautista Sosa, C. A. (2022). *Simuladores virtuales para desarrollar la competencia de resolución de problemas de cantidad en estudiantes de 2.º grado de educación secundaria* (Trabajo de grado). Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5565>
- Beltrán-Flandoli, A. M.<sup>a</sup>, Pérez-Rodríguez, A. y Mateus, J.-C. (2023). YouTube como ciberaula. Revisión crítica de su uso pedagógico en la Universidad Iberoamericana. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 26(1), 287-306. <https://doi.org/10.5944/ried.26.1.34372>
- Bentancor Biagas, J. G. (2022). *Modelación matemática: estrategias de enseñanza con herramientas digitales en el Ciclo Básico de Educación Media de Montevideo (Uruguay)* (Tesis de Doctorado). Universidad ORT Uruguay. <https://core.ac.uk/download/pdf/548518858.pdf>
- Calabuig, J. M., García-Raffi, L. M. y Sánchez-Pérez, E. A. (2021). Aprender como una máquina: introduciendo la inteligencia artificial en la enseñanza secundaria. *Modelling in Science Education and Learning*, 14(1), 5-14. <https://doi.org/10.4995/msel.2021.15022>
- Calderón Pérez, E. A., Calderón Pérez, F. T., Rivas Garrido, H. J. y Perea Mosquera, S. M. (2022). *Estrategia didáctica para promover el aprendizaje de la adición, sustracción, multiplicación y división con números naturales mediante el uso de la plataforma Moodle* (Trabajo de maestría). Universidad de Cartagena. <http://dx.doi.org/10.57799/11227/2016>
- Castro Morales, L. G., Pantoja Burbano, M. J. y Guanoluisa Morales, J. A. (2023). La utilización de la tecnología de ChatGPT como recurso para la aplicación de la lógica matemática. *Revista Conrado*, 19(2), 570-579. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/3300>
- Chacón Gómez, D. A. (2022). *Prototipo de aplicación de realidad virtual y gamificación*

- con enfoque STEAM para el aprendizaje de las matemáticas en grado octavo de educación básica (Trabajo de grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/30463>
- Cladera-Estelrich, V. C. (2022). *Gamificación como estrategia didáctica para el aprendizaje de las ecuaciones de 1.º grado en 2.º de Educación Secundaria Obligatoria* (Trabajo de maestría). Universidad Internacional de La Rioja. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/13422>
- Cortés Cortés, M. E., Cortés Iglesias, M., Medina Mendieta, J. F., Manzano Cabrera, M. y León González, J. L. (2020). Ventajas de la plataforma Moodle para la enseñanza de las matemáticas en la Universidad de Cienfuegos. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(6), 240-245. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-3620202000060240&script=sci\\_arttext&tling=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-3620202000060240&script=sci_arttext&tling=pt)
- Cruz Campos, J. C. de la, Campos Soto, M.ª N., Rodríguez Jiménez, G. R. y Ramos Navas-Parejo, M. (2022). Impresión 3D en educación. Perspectiva teórica y experiencias en el aula. *Revista CENTRA de Ciencias Sociales*, 1(1), 67-80. <https://www.centracs.es/revista/article/view/16>
- Encalada Díaz, I. Á. (2021). Aprendizaje en las matemáticas. La gamificación como nueva herramienta pedagógica. *Revista de Investigación en Ciencias de la Educación Horizontes*, 5(17), 311-326. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/466/4662190017/>
- Fabian, K., Topping, K. J. y Barron, I. G. (2018). Using mobile technologies for mathematics: effects on student attitudes and achievement. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1.119-1.139. <https://doi.org/10.1007/S11423-018-9580-3>
- Farfán-Pimentel, J. F., Lizandro-Crispín, R., Rodríguez-Galán, D. B., Calderon-Chambi, M.ª E. y Farfán-Pimentel, D. E. (2022). Estrategia Khan Academy en el aprendizaje de la matemática en la educación básica: una revisión teórica. *Ciencia Latina. Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(6), 6.871-6.887. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i6.3926](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3926)
- Fernández Naranjo, A. y Rivero López, M. (2014). Las plataformas de aprendizajes, una alternativa a tener en cuenta en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Cubana de Informática Médica*, 6(2), 207-221. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-18592014000200009&lng=es&tling=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592014000200009&lng=es&tling=en)
- Flores Cuevas, F., Vásquez Martínez, C. R. y González González, F. a. (2021). El uso de las TIC en la enseñanza de conceptos geométricos en la educación básica. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(23). <https://doi.org/10.23913/ride.v12i23.1024>
- Friske, A. y Rosa, M. (2021). Cybereducación: discutir el «habitus» de los profesores en un contexto de producción de actividades-matemáticas-con-memes. *Revista Paradigma*, 42(2), 206-225. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2021.P206-225.ID1107>
- Gabarda Méndez, V., Colomo Magaña, E., Ruiz Palmero, J. y Cívico Ariza, A. (2022). Technology-enhanced mathematics learning in Europe: a literature review. *Texto Livre*, 15, 1-22. <https://doi.org/10.35699/1983-3652.2022.40275>
- Gavira Durón, N. (2023). Cómo potenciar las habilidades matemáticas con ChatGPT. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 15(30), 1-5. <https://doi.org/10.22201/cuaied.20074751e.2023.30.86525>

- Giraldo-Torres, A. F., Jaramillo-Vásquez, J. E. y Vega, O. A. (2008). Simulación: una opción de comprender la realidad. *Ventana Informática*, 18, 107-120. [https://www.researchgate.net/publication/338986662\\_Simulacion\\_una\\_opcion\\_de\\_comprender\\_la\\_realidad](https://www.researchgate.net/publication/338986662_Simulacion_una_opcion_de_comprender_la_realidad)
- Godoy Cedeño, C. E. (2020). *Uso de la gamificación en el desarrollo del pensamiento lógico matemático en estudiantes de educación superior en una universidad privada de Lima, 2020* (Tesis de doctorado). Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/46306>
- González de Dios, J., Buñuel Álvarez, J. C. y Aparicio Rodrigo, M. (2011). Listas guía de comprobación de revisiones sistemáticas y metaanálisis: declaración PRISMA. *Evidencias en Pediatría*, 7(97), 1-6. <https://evidenciasenpediatria.es/articulo/5902/listas-guia-de-comprobacion-de-revisiones-sistematicas-y-metaanalisis-declaracion-prisma>
- González Hernández, N., Garcés Cecilio, W. y Grimaldy Romay, L. (2021). La visualización en la enseñanza de la matemática. Su empleo mediante el uso de GeoGebra. *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 12(4), 130-141. <https://revistas.ult.edu.cu/index.php/dascalía/article/download/1206/1198>
- Guanotuña Balladares, G. E., Heredia Heredia, L. J., García Camacho, I. R. y Lara Rivera, L. D. (2023). Simulador PHET, una herramienta de gamificación para el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Social Fronteriza*, 3(1), 97-113. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7552868>
- Gutiérrez Zuluaga, H., Aristizabal Zapata, J. H. y Rincón Penagos, J. A. (2020). Procesos de visualización en la resolución de problemas de matemáticas en el nivel de básica primaria apoyados en ambientes de aprendizaje mediados por TIC. *Sophia*, 16(1), 120-132. <https://doi.org/10.18634/sophiaj.16v.1i.975>
- Guzmán-Rivera, M. Á., Escudero-Nahón, A. y Canchola-Magdaleno, S. L. (2020). «Gamificación» de la enseñanza para ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas: cartografía conceptual. *Sinéctica. Revista Electrónica de Educación*, 54, 1-20. [https://doi.org/10.31391/S2007-7033\(2020\)0054-002](https://doi.org/10.31391/S2007-7033(2020)0054-002)
- Hu, T. (2022). *Aplicación móvil de juego de matemáticas para la enseñanza primaria* (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/id/eprint/70987>
- Ishak, S. A., Din, R. y Hasran, U. A. (2021). Defining digital game-based learning for science, technology, engineering, and mathematics: a new perspective on design and developmental research. *Journal of Medical Internet Research*, 23(2). <https://doi.org/10.2196/20537>
- Jost, P., Cobb, S. y Hämmerle, I. (2020). Reality-based interaction affecting mental workload in virtual reality mental arithmetic training. *Behaviour & Information Technology*, 39(10), 1.062-1.078. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2019.1641228>
- Kanobel, M.<sup>a</sup> C., Galli, M.<sup>a</sup> G. y Chan, D. M. (2022). El uso de juegos digitales en las clases de matemática: una revisión sistemática de la literatura. *Revista Andina de Educación*, 5(2), 1-8. <https://doi.org/10.32719/26312816.2022.5.2.12>
- Lévy, P. y Zapata Ros, M. (2023). Visiones de espacios de trabajo tridimensionales o virtuales, metaversos y educación. Realidad virtual y aprendizaje: presentación del número especial y conclusiones. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 23(73), 1-8. <https://doi.org/10.6018/red.554591>

- Lizama Cisnero, M. E. (2022). *Diseño de sesiones de aprendizaje empleando el WhatsApp como recurso pedagógico para el desarrollo de la competencia Resuelve Problemas de Cantidad en los estudiantes de primer grado de educación secundaria* (Trabajo de grado). Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5492>
- López, L., Rodríguez, A., Figueredo, J. y Polanco, R. (2022). Educación y realidad aumentada: un análisis bibliométrico e identificación de tendencias. *Revista Científica EOnlineTech*, 1(3), 97-122. <https://publishing.fgu-edu.com/ojs/index.php/RET/article/view/270/508>
- López-Noguero, F., Romero-Díaz, T. y Gallardo-López, J. A. (2022). Smartphone como herramienta de enseñanza-aprendizaje en educación superior en Nicaragua. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 26(1), 307-330. <https://doi.org/10.5944/ried.26.1.34016>
- Maraza-Quispe, B., Sotelo-Jump, A. M., Alejandro-Oviedo, O. M., Quispe-Flores, L. M. y Cari-Mogrovejo, L. H. (2023). Hacia el desarrollo del pensamiento computacional y la lógica matemática a través de Scratch. *International Journal of Emerging Technologies for E-Learning*, 1(3), 458-462. <https://ijetel.com/wp-content/uploads/2022/07/V1-N3-03.pdf>
- Martínez Ortegón, M., Narváez Velasco, P. A. y Losada Cárdenas, M. Á. (2022). Scratch como herramienta transversal para el desarrollo del pensamiento lógico matemático en básica primaria. *Transdigital*, 3(6), 1-28. <https://doi.org/10.56162/transdigital140>
- Meléndez-Armenta, R., Rebollo-Méndez, G. y Huerta-Pacheco, N. S. (2022). Typifying students' help-seeking behavior in an intelligent tutoring system for mathematics. *Ingeniería e Investigación*, 42(2), 1-7. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092022000200210&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092022000200210&script=sci_arttext)
- Mero Pico, A. T. y Gutiérrez Navia, E. V. (2022). Uso de la herramienta Lesson Plans de Symbaloo para fortalecer el aprendizaje de la factorización de trinomios. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 15(11), 151-170. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8955483.pdf>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G. y The PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), 264-269. <https://doi.org/10.1016/j.ijisu.2010.02.007>
- Molano Pino, F. D. (2022). *Estrategia pedagógica soportada en eXeLearning para la comprensión de funciones trigonométricas y sus diferentes representaciones, en la IE Santa Rosa de Lima de Arbela en La Vega, Cauca* (Trabajo de maestría). Universidad de Cartagena. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/15665>
- Mystakidis, S. y Christopoulos, A. (2022). Teacher perceptions on virtual reality escape rooms for STEM education. *Information*, 13(3), 1-13. <https://doi.org/10.3390/info13030136>
- Nunes, P. S., Nascimento, M.ª M., Catarino, P. y Martins, P. (2020). Factors that influence the use of educational software in mathematics teaching. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 18(3), 113-129. <https://doi.org/10.15366/REICE2020.18.3.006>
- Oliveira Bastos, A. C., Lemos Souza, D. D. de, Alves Silva, D., Pereira da Silva, I., Albuquerque, D., Souza de Carvalho, C. de, Moura Prego, T. de, Valente Ferreira, J. C., Lopes e

- Silva, F. y Carvalho Coutinho, R. de. (2020). Despertando o interesse pelo conhecimento tecnológico usando robótica. Una experiência na educação básica para igualdade de gênero. *RELATEC. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 19(2), 135-153. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.19.2.135>
- Oliveira García, F., Pereira de Souza Filho, M., Robinson de Souza, A. y Mendonça Rosa Marques, E. de. (2021). O GeoGebra na experimentação matemática: um levantamento bibliográfico em periódicos indexados na plataforma da CAPES. *TED. Tecnó, Episteme y Didaxis*, 50, 221-236. <https://doi.org/10.17227/ted.num50-10582>
- Orellana-Campoverde, J. A. y Erazo-Álvarez, J. C. (2021). Herramientas digitales para la enseñanza de matemáticas en pandemia: usos y aplicaciones de docentes. *EPIS TEME KOINONIA*, 4(8), 109-128. <https://doi.org/10.35381/e.k.v4i8.1348>
- Padilla Escorcía, I. A., Conde Carmona, R. J. y Tovar Ortega, T. (2022). Recursos tecnológicos utilizados por profesores universitarios de carreras de ingeniería, en tiempos de virtualidad en Barranquilla (Colombia). *Tecnura*, 26(72), 147-166. <https://doi.org/10.14483/22487638.18277>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... y Alonso, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Palma Alameda, M. (2023). *Desarrollo de competencias matemáticas mediante el uso de la Web 2.0 en estudiantes de segundo grado de educación secundaria* (Trabajo de maestría). Universidad Iberoamericana Puebla. <https://hdl.handle.net/20.500.11777/5652>
- Peralta Egea, R. (2023). *Estudio del conocimiento actual en la comprensión de datos para el aprendizaje automático* (Trabajo de grado). Universidad de Sevilla. <https://hdl.handle.net/11441/148577>
- Pereira Zorzín, J. y Gomes da Silva, G. H. (2022). Contribuições de uma prática formativa envolvendo o software GeoGebra para professores e professoras que ensinam matemática dos anos iniciais do ensino fundamental. *Ciência & Educação (Bauru)*, 28. <https://doi.org/10.1590/1516-731320220026>
- Pérez González, A. R., Villegas Estévez, C. J., Cabascango Jaramillo, J. C. y Soria Flores, E. R. (2023). Inteligencia artificial como estrategia de innovación en empresas de servicios: una revisión bibliográfica. *Revista Publicando*, 10(38), 74-82. <https://doi.org/10.51528/rp.vol10.id2359>
- Petrov, P. D. y Atanasova, T. V. (2020). The effect of augmented reality on students' learning performance in STEM education. *Information*, 11(4), 1-11. <https://doi.org/10.3390/info11040209>
- Pimbo-Tibán, A. G., Manotoa-Labre, H. R., Medina-Chicaiza, R. P. y Morocho-Lara, H. D. (2023). Tecnologías del aprendizaje y el conocimiento: análisis de aceptación de implementación basado en el modelo TAM. *Revista Odigos*, 4(1), 89-110. <https://doi.org/10.35290/ro.v4n1.2023.752>
- Pitchford, N. J., Chigeda, A. y Hubber, P. J. (2019). Interactive apps prevent gender dis-

- crepancies in early-grade mathematics in a low-income country in sub-Saharan Africa. *Developmental Science*, 22(5). <https://doi.org/10.1111/DESC.12864>
- Rabello, M. y Bernardino, F. (2023). O ensino da matemática com apoio das tecnologias da informação e da comunicação (TIC): cenário atual e perspectivas no âmbito do metaverso. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 15(9), 9.572-9.600. <https://doi.org/10.55905/cuadv15n9-085>
- Ramírez-Orozco, J. G. (2022). Experiencia STEM: desarrollo del pensamiento matemático a través de videojuegos meteorológicos. *Revista Colombiana de Educación*, 85, 241-241. <https://doi.org/10.17227/rce.num85-12756>
- Ramón, J. A. y Vilchez, J. (2019). Digital-ethnic technology: converging didactic resources in the development of mathematical competences in rural area students. *Información Tecnológica*, 30(3), 257-268. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300257>
- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Alienta Editorial. [https://planetadelibrosec0.cdnstatics.com/libros\\_contenido\\_extra/40/39308\\_Inteligencia\\_artificial.pdf](https://planetadelibrosec0.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/40/39308_Inteligencia_artificial.pdf)
- Ruiz Méndez, M. (2022). *Sistema con realidad aumentada como herramienta que potencialice el aprendizaje de vectores en alumnos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias* (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Tamaulipas. <https://riuat.uat.edu.mx/handle/123456789/2344>
- Sáez-López, J.-M. y Buceta-Otero, R. (2023). El robot M Bot para el aprendizaje de coordenadas cartesianas en educación secundaria. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 66, 271-301. <https://doi.org/10.12795/PIXELBIT.95617>
- Sánchez, I. C., Castillo B., L. A. y Mendes, I. A. (2021). História da matemática e tecnologias digitais: do que tratam três décadas de teses e dissertações? *Paradigma*, 42(2), 183-205. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2021.P183-205.ID1064>
- Souza e Silva, S. de., Martins Stavny, F. y Kalinke, M. A. (2022). La inteligencia artificial en el contexto de la educación: el análisis de sus avances a partir de perspectivas teórico-filosóficas y de procesos educativos. *Paradigma*, 43(2), 282-306. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2022.p282-306.id1227>
- Tatiana Cox, F., González, D., Magreñán, Á. A. y Orcos, L. (2022). Enseñanza de estadística descriptiva mediante el uso de simuladores y laboratorios virtuales en la etapa universitaria. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 74(4), 103-123. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.94121>
- Tovar Ortega, T., Pitalua, L. F. y Sarmiento, M.<sup>a</sup> (2020). Khan Academy como recurso didáctico para enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. En J. Solorzano Movilla y D. Suárez López, *Miradas y perspectivas de la educación matemática desde la formación, la inclusión y la tecnología* (pp. 128-145). Sello Editorial Coruniamericana. [https://www.researchgate.net/profile/Karen-Valencia-Mercado/publication/363207965\\_ALGUNAS\\_REFLEXIONES\\_SOBRE\\_EDUCACION\\_MATEMATICA\\_INCLUSIVA/links/631163aaacd814437ff79031/ALGUNAS-REFLEXIONES-SOBRE-EDUCACION-MATEMATICA-INCLUSIVA.pdf#page=128](https://www.researchgate.net/profile/Karen-Valencia-Mercado/publication/363207965_ALGUNAS_REFLEXIONES_SOBRE_EDUCACION_MATEMATICA_INCLUSIVA/links/631163aaacd814437ff79031/ALGUNAS-REFLEXIONES-SOBRE-EDUCACION-MATEMATICA-INCLUSIVA.pdf#page=128)
- Vaillant, D., Rodríguez Zidán, E. y Betancor Biagas, G. (2020). Uso de plataformas y herramientas digitales para la enseñanza de la matemática. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 28(108), 718-740. <https://doi.org/10.1590/s0104-4036202002802241>

- Valbuena Duarte, S., Rodríguez González, D. C. y Tavera Gamarra, A. V. (2021). La innovación en clase de matemáticas: ejemplos y contraejemplos de eficacia de la iniciativa docente en tiempos de pandemia. *Pensamiento Americano*, 14(28), 15-28. <https://doi.org/10.21803/PENAMER.14.28.355>
- Varela Uribe, A. (2021). *Enseñanza individualizada de matemáticas mediante herramientas de inteligencia artificial en entornos escolares tradicionales* (Trabajo de maestría). Universidad de Cantabria. <http://hdl.handle.net/10902/22323>
- Villa-Ochoa, J. A., Sánchez-Cardona, J. y Parra-Zapata, M. M. (2022). Modelación matemática en la perspectiva de la educación matemática. En M. Rodríguez, M. D. Pochulu y F. Espinoza (Eds.), *Educación matemática: aportes a la formación docente desde distintos enfoques teóricos* (pp. 67-89). Ediciones UNGS. <http://funes.uniandes.edu.co/30732/1/VillaSanchezParra.pdf>
- Villarreal, M. E. y Mina, M.<sup>a</sup>. (2020). Actividades experimentales con tecnologías en escenarios de modelización matemática TT. *Bolema. Boletim de Educação Matemática*, 34(67), 786-824. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n67a21>
- Vlasova, E. Z., Avksentieva, E. Y., Goncharova, S. V. y Aksyutin, P. A. (2019). Artificial intelligence-The space for the new possibilities to train teachers. *Revista Espacios*, 40(9). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85063468236&partnerID=40&md5=57fce547db69b06bbac40000a19dc4b>
- Yáñez Ortiz, V. y Nevárez Toledo, M. R. (2018). Exelearning: recurso digital de una estrategia didáctica de enseñanza-aprendizaje de matemática 3C TIC. *Cuadernos de Desarrollo Aplicados a las TIC*, 7(4), 98-121. <http://dx.doi.org/10.17993/3ctic.2018.62.98-121>
- Zabala-Vargas, S. A., Ardila-Segovia, D. A., García-Mora, L. H. y Benito-Crosetti, B. L. de. (2020). Aprendizaje basado en juegos (GBL) aplicado a la enseñanza de la matemática en educación superior. Una revisión sistemática de literatura. *Formación Universitaria*, 13(1), 13-26. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000100013>

**Jefferson Monroy Andrade.** Magíster en Ciencias de la Educación por la Universidad de la Amazonia (Colombia). Licenciando en Matemáticas por la Universidad Surcolombiana (Colombia). En la actualidad, candidato a doctor en Educación por la Universidad San Buenaventura (Colombia) desde el énfasis investigativo denominado «Estudios Interculturales Críticos y Pensamiento Pedagógico Latinoamericano».

# Ergonomía cognitiva, metaversos y economía: revisión documental

**Jesús Ernesto Rocha-Ibarra** (autor de contacto)

*Profesor investigador de la Universidad de Guanajuato (Salamanca, México)*

[je.rochaibarra@ugto.mx](mailto:je.rochaibarra@ugto.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-0838-3902>

**Clara Azucena Rodríguez-Sánchez**

*Estudiante de la Universidad de Guanajuato (Salamanca, México)*

[ca.rodriguez.sanchez@ugto.mx](mailto:ca.rodriguez.sanchez@ugto.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-0330-382X>

**María Guadalupe Guzmán-Álvarez**

*Estudiante de la Universidad de Guanajuato (Salamanca, México)*

[mg.guzmanalvarez@ugto.mx](mailto:mg.guzmanalvarez@ugto.mx) | <https://orcid.org/0000-0003-0604-5931>

**Karla Lizbeth Robles-Hernández**

*Estudiante de la Universidad de Guanajuato (Salamanca, México)*

[kl.robleshernandez@ugto.mx](mailto:kl.robleshernandez@ugto.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-3947-9413>

**Yashiro Danahi Cisneros-Reyes**

*Profesora investigadora de la Universidad de Guanajuato (Salamanca, México)*

[ycisneros@ugto.mx](mailto:ycisneros@ugto.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-1232-7647>

## Extracto

El presente trabajo es una revisión documental que tiene por objetivo analizar la convergencia entre los conceptos de «ergonomía cognitiva», «metaversos» y «economía» para elaborar una definición que explique el concepto de «metaverso productivo», entendiendo que las necesidades industriales en la era de la economía digital requieren de nuevas formas de interacción inmersiva. A través del método de revisión sistemática, se plantea que los mundos virtuales 3D o metaversos se descomponen en diversos ámbitos (económico y productivo) y, a través de la síntesis, se integran estos con la comunidad educativa. Se concluye que los entornos productivos dentro de un metaverso son una realidad cercana y posible. La estimulación de los entornos de trabajo virtual puede resultar en una ventaja competitiva para las industrias que los pongan en práctica y revolucionen sus métodos de producción. Por esta razón se considera que un gran número de organizaciones de diversos sectores productivos apostarán por el incremento de las capacidades tecnológicas de su empresa, recurriendo a diferentes medios y, de manera concisa, tratarán de incursionar en el uso del metaverso.

**Palabras clave:** ergonomía cognitiva; metaversos; economía; innovación; tecnología; teletrabajo; digitalización.

Recibido: 24-02-2023 | Aceptado: 14-12-2023 | Publicado: 06-05-2024

**Cómo citar:** Rocha-Ibarra, J. E., Rodríguez-Sánchez, C. A., Guzmán-Álvarez, M.<sup>a</sup> G., Robles-Hernández, K. L. y Cisneros-Reyes, Y. D. (2024). Ergonomía cognitiva, metaversos y economía: revisión documental. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 141-162. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.18671>

# Cognitive ergonomics, metaverses and economics: a documentary review

**Jesús Ernesto Rocha-Ibarra** (corresponding author)

*Profesor investigador de la Universidad de Guanajuato (Salamanca, México)*  
[je.rochaibarra@ugto.mx](mailto:je.rochaibarra@ugto.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-0838-3902>

**Clara Azucena Rodríguez-Sánchez**

*Estudiante de la Universidad de Guanajuato (Salamanca, México)*  
[ca.rodriguez.sanchez@ugto.mx](mailto:ca.rodriguez.sanchez@ugto.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-0330-382X>

**María Guadalupe Guzmán-Álvarez**

*Estudiante de la Universidad de Guanajuato (Salamanca, México)*  
[mg.guzmanalvarez@ugto.mx](mailto:mg.guzmanalvarez@ugto.mx) | <https://orcid.org/0000-0003-0604-5931>

**Karla Lizbeth Robles-Hernández**

*Estudiante de la Universidad de Guanajuato (Salamanca, México)*  
[kl.robleshernandez@ugto.mx](mailto:kl.robleshernandez@ugto.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-3947-9413>

**Yashiro Danahi Cisneros-Reyes**

*Profesora investigadora de la Universidad de Guanajuato (Salamanca, México)*  
[ycisneros@ugto.mx](mailto:ycisneros@ugto.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-1232-7647>

## Abstract

This research is a documentary review that aims to analyze the convergence between the concepts of «cognitive ergonomics», «metaverses», and «economics» to explain the concept of «productive metaverses» that due to digitalization in the industry arises the need to opt for new forms of interaction. Through the systematic review method, it is proposed that 3D virtual worlds or metaverses break down into economic and productive areas; through synthesis, these are integrated with the educational community. It is concluded that the productive environments within a metaverse are a close and possible reality, the stimulation of virtual work environments can result in a competitive advantage for the industries that put them into practice and revolutionize their production methods. For this reason, it is considered that a large number of organizations from various productive sectors will bet on increasing the technological capabilities of their company, resorting to different media, and, concisely, will try to venture into the use of the metaverse.

**Keywords:** cognitive ergonomics; metaverses; economy; innovation; technology; telecommuting; digitalization.

Received: 24-02-2023 | Accepted: 14-12-2023 | Published: 06-05-2024

**Citation:** Rocha-Ibarra, J. E., Rodríguez-Sánchez, C. A., Guzmán-Álvarez, M.<sup>ª</sup>G., Robles-Hernández, K. L. and Cisneros-Reyes, Y. D. (2024). Cognitive ergonomics, metaverses and economics: a documentary review. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 141-162. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.18671>

## Sumario

1. Introducción
  2. Objetivos
  3. Método
  4. Resultados
    - 4.1. Ergonomía cognitiva
    - 4.2. Realidad virtual
    - 4.3. Metaversos
    - 4.4. Innovación en las organizaciones
    - 4.5. Economía e innovación
  5. Discusión
    - 5.1. Mundos virtuales 3D aplicados a las organizaciones
    - 5.2. Ciberarquitectura para entornos productivos
    - 5.3. Metaversos productivos
    - 5.4. Economía de los metaversos
    - 5.5. Convergencia entre ergonomía cognitiva, metaversos y economía
    - 5.6. Desafíos y oportunidades
  6. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

**Nota:** los autores del artículo declaran que todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de este estudio de investigación se han realizado de conformidad con las leyes y directrices institucionales pertinentes.



## 1. Introducción

El escenario de la contingencia sanitaria a nivel global trajo consigo muchos retos en el ámbito social, educativo y laboral. Ante ello, las medidas para dar continuidad a las actividades cotidianas no se hicieron esperar. En este sentido, Sánchez-Juárez y Aguilar Esparza (2020) explican que, en el caso de las empresas mexicanas, el 26 % minimizó las reuniones presenciales y optó por la comunicación a través de los medios virtuales, como videoconferencias y teletrabajo, entre otros.

La virtualización ocasionada por la pandemia de la COVID-19 y el aislamiento en entornos cotidianos durante la segunda década del siglo XXI ha revolucionado la forma de trabajo de miles de personas en todo el mundo.

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (2021), en su informe sobre perspectivas sociales y de empleo en el mundo, en el año 2020, el 50 % de la fuerza laboral estadounidense trabajó desde casa; sin embargo, a finales del 2021 esta cifra disminuyó hasta un 30 %. Durante ese mismo año, en el caso del Reino Unido, la cifra de personas que trabajaron en su hogar a tiempo completo fue solamente del 14 %.

Allen *et al.* (2015) entienden el trabajo a distancia como aquel que hace posible la sustitución de los entornos laborales, donde es necesario que las personas se encuentren presencialmente en una oficina cumpliendo con sus obligaciones, por aquel otro que permite a los empleados realizar sus tareas desde diversas ubicaciones, facilitado por el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

A su vez, López Pérez (2021) señala que los seres humanos hemos encontrado en las TIC un medio para la omnipresencia, gozando de una rapidez significativa, con la posibilidad de visualizar contenido, consumirlo y también trabajar, a pesar de encontrarnos en ubicaciones geográficas distintas.

Por tanto, se entiende por «teletrabajo» el hecho de cumplir con las obligaciones laborales por medio de las TIC sin estar dentro de las instalaciones de las empresas.

## 2. Objetivos

El presente trabajo es una revisión documental, cuyo objetivo principal es analizar la convergencia entre la «ergonomía cognitiva», los «metaversos» y la «economía», y así explicar el concepto de «metaverso productivo», ya que, como consecuencia de la digitalización en la industria, surgen necesidades de interconectividad e interoperabilidad que revolucionan los procesos del entorno.

## 3. Método

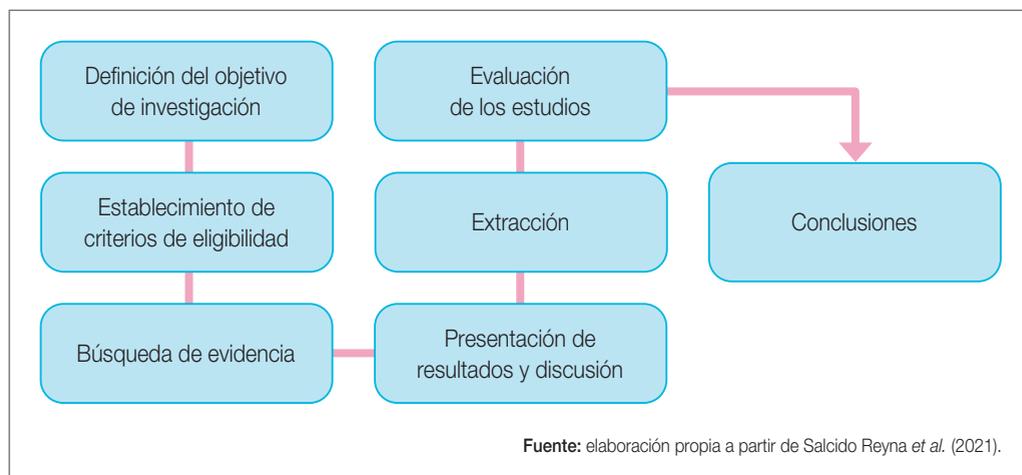
Este estudio de investigación tiene su base metodológica en la revisión sistemática, la cual, de acuerdo con Linares-Espinós *et al.* (2018), reúne información sobre un tema delimitado, respondiendo a los objetivos establecidos, que, de forma descriptiva, presentan las evidencias y que, por sus características, proporcionan una síntesis completa e imparcial de los estudios relevantes. En este orden de ideas, se recopiló evidencia en la literatura sobre los mundos virtuales o metaversos y su relación con el entorno económico, ergonómico y productivo.

Para llevar a cabo una revisión literaria hay que tener en cuenta la identificación de los conceptos principales, un plan de búsqueda, un análisis y una discusión, así como conclusiones, incluyendo la hermenéutica como parte del método para la interpretación del contexto, conceptos e información que se presenta (Méndez González, 2020). Sumado a ello, Ricoeur (2000) explica que una postura hermenéutica en las revisiones documentales facilita la comprensión de los sucesos, de los fenómenos y de los elementos.

Los criterios de elegibilidad (inclusión y exclusión) utilizados en este trabajo parten de las recomendaciones realizadas por Salcido Reyna *et al.* (2021), quienes señalan que tales elementos son requisitos fundamentales para una revisión sistemática y que contribuyen a garantizar resultados significativos en el análisis del conjunto de estudios observados. Por esta razón, la elección de los estudios incluidos se justifica en la naturaleza de los objetivos de trabajo. En esta línea de ideas, y basándose en Pardal-Refoyo y Pardal-Peláez (2020), se utilizaron los criterios de elegibilidad soportados por el tipo de resultados informados, cuya inclusión depende de los resultados de interés, de la coherencia, de la objetividad y de su relación con el entorno productivo. Asimismo, se excluyen aquellos estudios que, a pesar de que integren los conceptos de interés (metaversos, ergonomía cognitiva y economía), distan en el contexto de los resultados con las definiciones de «entornos productivos» y sus implicaciones.

En el caso de este estudio no se considera un marco temporal para la adquisición de la información, ya que se ha realizado la revisión de autores en distintos momentos para definir y aclarar conceptos que son útiles en el desarrollo del trabajo. En la figura 1 se muestra el flujograma que guía el proceso de investigación.

Figura 1. Flujoograma para revisión sistemática



## 4. Resultados

### 4.1. Ergonomía cognitiva

Desde antes del inicio de la crisis sanitaria, el trabajo remoto se incluía en una dinámica sostenible que brindaba un margen amplio de flexibilidad para trabajar en los hogares, pero que suponía un riesgo para el bienestar y el desarrollo de los individuos. A tenor de esto, la seguridad y salud en el trabajo necesitan nuevas formas de intervenir. De acuerdo con Rubio Tamayo y Gértrudix Barrio (2016), la «ergonomía cognitiva» se define como la disciplina científica que estudia la interacción entre el trabajo del ser humano y la tecnología, los procesos automatizados y los entornos virtuales en distintos ámbitos, como el educativo, el laboral o el económico, entre otros.

Ante esta situación, Almirall Hernández y Marroquín (2016) explican que el objetivo de la ergonomía cognitiva es mejorar de forma sustancial la relación entre un individuo y la computadora; y, de forma amplia, se considera la adecuación del trabajo en cada una de las potencialidades del ser humano, favoreciendo el incremento de la calidad de vida y, por supuesto, la disminución de los factores de riesgo que representan efectos negativos en el trabajo.

Los esfuerzos para hacer que las actividades laborales sean agradables para el individuo resultan complejos. Hernández-Sánchez y Ortega-Maldonado (2015) exponen que el análisis ergonómico cognitivo contribuye de forma significativa a corregir los errores entre la relación de una computadora y el ser humano, incluyendo todos los procesos automa-

tizados que esta interacción supone. Lo anterior muestra la necesidad de considerar los patrones conductuales. Rizzo (2020) señala que, en el diseño de las condiciones laborales adecuadas, la selección personalizada en el diseño ergonómico del puesto de trabajo que considera los patrones conductuales reporta menos efectos negativos en la salud de los trabajadores.

El diseño de las acciones motrices, la relación entre controles y mando y los elementos del sistema en el trabajo computarizado, hablando de la digitalización –*display*, escalas circulares con punto de movimiento, distancia del horóptero visual a la pantalla, interfaces, reactividad psicomotora y requerimientos cognitivos del operador–, son algunas de las características que se deben conocer de forma mínima para optimizar la relación de tiempo, espacio y movimientos a través de la ergonomía cognitiva en las actividades laborales y que, de acuerdo con Almirall Hernández y Marroquín (2016), estimulan la participación sana del ser humano con el entorno tecnológico.

De esta manera, Méndez González (2020) resaltan que el objetivo fundamental de la ergonomía cognitiva es analizar la forma en que interactúan las personas y los aparatos cognitivos, entendiendo estos últimos como dispositivos para los que se necesita principalmente habilidad mental en lugar de habilidad física para su uso. Esta interacción puede surgir entre una persona y un artefacto o entre varias personas a la vez, por medio de un dispositivo, para cumplir el propósito de facilitar la comunicación.

## 4.2. Realidad virtual

La popularización de la realidad virtual adquiere relevancia a principios de 1990, haciendo referencia a las tecnologías que, de acuerdo con Cuesta Cambra y Mañas Viniegra (2016), estimulan la interacción con la información artificial.

Con ello surge también la necesidad de analizar las interacciones entre el usuario, la tecnología y sus interfaces: el diseño de sus interacciones y la experiencia del usuario a través del conocimiento interdisciplinario.

Existen diversas definiciones del término «realidad virtual». Sousa-Ferreira *et al.* (2021) explican que en el campo de la informática se concibe como la forma habitual en que se relaciona un individuo y un computador por un medio virtual, en el que dicha interacción es posible cuando el sujeto entra en una interfaz.

El potencial de la realidad virtual como herramienta de comunicación y transmisión de información representa la dificultad de la proyección idealizada en la experiencia de implementación. Arellano Pimentel *et al.* (2017) exponen que se confronta el realismo situacional, al vivir experiencias sensoriales ahorrando tiempo y dinero, adaptando las herramientas y el contexto al usuario y, en ocasiones, cayendo en el exceso de instrucciones.



Por su parte, Mystakidis y Christopoulos (2022) mencionan que, incluso en este entorno digital construido por medio de la tecnología, se producen interacciones humanas en las que los usuarios son capaces de sentir al igual que en el entorno físico, y lo hacen a través de sensores especializados, cascos de inmersión o auriculares, entre otros, que permiten ver, escuchar y sentir el movimiento y la interacción con objetos digitales.

Campo-Prieto *et al.* (2021) establecen que la perspectiva de la realidad virtual como potencial medio de comunicación y colaboración permite adquirir conciencia de la existencia de otros y estimula las dinámicas de negociación y fluidez de la comunicación.

El uso desmesurado de la aplicación de la tecnología se fundamenta en la necesidad de desarrollo de nuevos procesos y medios de comunicación. Miguélez-Juan *et al.* (2019) señalan que la realidad virtual supone un uso potencial para la transformación de la realidad social, construyendo comunidades colaborativas en el proceso de interacción con la tecnología.

### 4.3. Metaversos

Actualmente, los individuos interactúan con frecuencia en entornos virtuales propiciados por la Web 2.0, en los que intervenir y cooperar ayudan a obtener conocimiento colectivo. Por esta razón, Barneche Naya *et al.* (2011) plantean que una de las tecnologías emergentes que ha aparecido recientemente y que tiene gran relevancia son los metaversos, ya que estos entornos virtuales tridimensionales posibilitan la colaboración en tiempo real, la creación de objetos por el usuario y la telepresencia.

De acuerdo con Cárdenas Espinosa (2014), el mundo virtual o los metaversos se establecen como construcciones ficticias donde la interacción se lleva a cabo mediante «avatares», que es la representación digital de un usuario en un entorno virtual, y con ellos se estimula la participación o la vida real a través de entornos inmersivos. Los metaversos se conciben como entornos inmersivos en tercera dimensión que alojan contenidos audiovisuales en tiempo real. Aguilar Córdova (2018) explica que la tecnología permite la interoperabilidad entre mundos y realidades, amplificando las posibilidades de aplicación a muy corto plazo.

Anacona *et al.* (2019) señalan que la adopción y el uso de los metaversos o mundos tridimensionales para las actividades laborales favorece el desarrollo de la creatividad, la iniciativa y la socialización. Lo anterior facilita, a su vez, la eliminación de las barreras que el trabajo a distancia supone, pues la interacción entre los colaboradores y la cercanía a través de herramientas digitales facilitan el flujo de la comunicación organizacional. En este sentido, García Pérez y Robles Estrada (2014) resaltan que incluso se cree que los metaversos tienen grandes posibilidades en un futuro cercano a la hora de reemplazar a los buscadores tradicionales, siendo en ese espacio virtual donde las marcas deberán posicionarse para tener aceptación entre los consumidores, cambiando así la forma en que los individuos utilizan internet.

## 4.4. Innovación en las organizaciones

Sobre la innovación, Bruno *et al.* (2017) proponen que, dentro de la gestión de la innovación en las organizaciones, es necesaria la mediación y la apropiación del conocimiento, común denominador en los conceptos que los autores comparten.

Si bien García Acosta y Lange Morales (2010) definen la «innovación» como un proceso continuo, en el cual se ven involucrados elementos externos a la organización, de los cuales se pueden destacar la ciencia, la tecnología, el aprendizaje y los aspectos socioculturales, específicamente, se centran en la idea de que la innovación engloba la economía como principal factor para que se pueda llevar a cabo.

## 4.5. Economía e innovación

En el contexto propuesto por Pallaro (2022), es posible imaginar sistemas económicos y sociales convertidos en sistemas operativos, gracias al potencial y a la conexión que generan las tecnologías, destacando las nuevas economías de impacto, resumidas en innovación social, inclusión económica y adopción tecnológica. Además, en los metaversos, la economía está comenzando a girar en torno a mercados de *non-fungible tokens* (NFT), mundos virtuales como los juegos Roblox o las criptomonedas.

En este sentido, Varona-Castillo y Gonzales-Castillo (2021) destacan que la tecnología de la cual disponen los países es relevante, puesto que existen efectos dañinos causados por la disparidad de innovaciones en los que las diferencias de precio y tamaño de mercado perjudican la igualdad de la distribución del ingreso.

Por su parte, Sánchez y Ríos (2011) señalan que, si se desea estimular el crecimiento económico en los países, se requiere a nivel nacional de un incremento en la capacidad para generar conocimiento y obtener riqueza por medio del desarrollo de las innovaciones.

# 5. Discusión

## 5.1. Mundos virtuales 3D aplicados a las organizaciones

El World Economic Forum (2020) señala que cerca del 35 % de las organizaciones en la Unión Europea se concentran en la gestión de procesos de innovación, en los procesos de producción en ambientes multiusuarios y en el diseño de las plataformas, que se basa, en gran medida, en los juegos de realidad virtual, donde la interactividad resulta ser el común denominador en los entornos organizacionales interconectados en la virtualidad.



De acuerdo con Almirall Hernández y Marroquín (2016), en el contexto contemporáneo, los nativos digitales se integran al entorno productivo y los entornos virtuales de trabajo se asumen como un punto de encuentro eficiente para solventar las actividades productivas.

Según la perspectiva de Páez-Gabriunas *et al.* (2022), el uso de la tecnología digital aplicada en las organizaciones supone un amplio espectro de posibilidades para que el usuario adopte un mecanismo productivo desde la promoción por la interactividad y el reto que representa el deseo de participar.

En este sentido, los mundos virtuales en tercera dimensión suponen la exploración de nuevos métodos de entornos productivos. Delgado Fernández (2020) señala que se posicionan como una modalidad innovadora protagonista dentro de las TIC que permite experimentar en tiempo real los procesos organizacionales, aunque disten las ubicaciones geográficas.

De acuerdo con Aguilar Córdoba (2018), el trabajo virtual permite experimentar en tiempo real las actividades que retroalimentan el proceso de comunicación *online*. En este sentido, los metaversos expanden la posibilidad de ofertar contenidos distintos y lograr el desarrollo de nuevas habilidades en los operadores laborales para este nuevo modelo de producción.

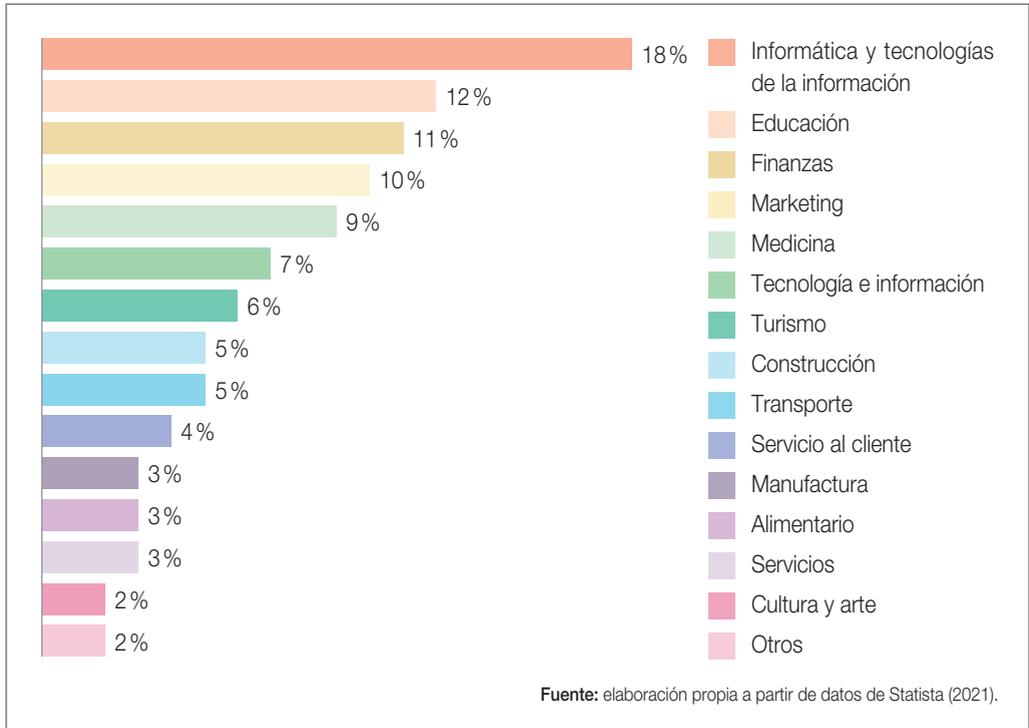
Algunos ejemplos de metaversos cuya aplicación y uso se relacionan con los negocios son los desarrollados por Mark Zuckerberg, el CEO (*chief executive officer*) de Facebook, quien en octubre de 2021 explotó la popularidad de un metaverso cercano que se consolidó en una de las redes sociales más populares con la finalidad de revolucionar su modelo de negocio (Crespo-Pereira *et al.*, 2023; Murphy Kelly, 2021).

De acuerdo con Lorente Sanjuán y Torreblanca (2022), en su mayoría, las empresas multinacionales desarrolladoras de tecnología, como Samsung y Sony, direccionan sus esfuerzos e inversiones hacia la evolución de los metaversos.

En la figura 2 se aprecia la distribución de los sectores empresariales que invierten mayoritariamente en el desarrollo de un metaverso, persiguiendo distintos fines.

Se observa que, en primer lugar, el sector de la informática y de las tecnologías de la información lideran en términos de inversión, con empresas como Amazon, NVIDIA Omniverse, Taobao Metaverses o Samsung Global Metaverses Fund. En segundo lugar, se encuentra el sector educativo, con instituciones y empresas como el Tecnológico de Monterrey, la Universidad de Texas y la Universidad Estatal de Carolina del Norte. Y, en tercer lugar, el sector financiero, cuyos negocios representativos son JP Morgan y Decentraland.

Figura 2. Porcentaje de inversión en los negocios para el desarrollo de los metaversos



En este tenor, de acuerdo con Rosales Soto (2023), las principales razones que motivan a los negociadores y empresarios a invertir en el desarrollo de los metaversos son lograr más posibilidades del alcance de trabajo, generar actividades artísticas y culturales que sumen al entretenimiento, invertir y obtener rendimientos y generar educación de calidad, entre otras.

## 5.2. Ciberarquitectura para entornos productivos

Tras la evolución de los recursos informáticos y la necesidad de interactuar en espacios virtuales de forma confortable en el ciberespacio, los esfuerzos para combinar las distintas interfaces, a través de dispositivos para generar un entorno dinámico tridimensional, se convierten no solo en un reto, sino también en una necesidad emergente. En este sentido, Segovia y Pérez (2009) explican que distintas instituciones educativas de nivel superior, como la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Zulia y la Facultad de Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela, así como el programa de maestría en Informática de la Universidad del Salvador, han redireccionado sus actividades aprovechando las ventajas de la plataforma Virtual Reality Modeling Lenguaje (VRML) para representar la interacción entre los usuarios y las interfaces en un ambiente inmersivo.



De acuerdo con Kaminsky (2005), la implementación de VRML permite la hipervinculación de los individuos en la manipulación de las condiciones de su entorno y la simulación ciberarquitectónica tridimensional permite la navegación en un ambiente artificial por medio de la variación del contenido gráfico, acústico y visual en los entornos digitales. Lo anterior hace evidente la utilidad de la mediación de las condiciones y del medioambiente de trabajo en los entornos virtuales productivos en los que, de la misma forma que en los espacios físicos, los académicos se ocupan de dictar las directrices para su uso e implementación en los metaversos.

### 5.3. Metaversos productivos

La transformación de la industria tradicional y la economía en su conjunto representan un impacto significativo a través de innovaciones empresariales, la creación de alianzas y la disrupción de los emprendimientos. En este orden de ideas, Chajín Flórez (2021) señala que los mundos virtuales contribuyen a comprender nuevos usos de los espacios físicos a través del diseño de experiencias.

Los metaversos productivos, de acuerdo con Taboada (2022), son diseñados a través de tecnología convertida en un sistema operativo que conecta, potencia y disrumpe la tendencia a través de una dimensión en la digitalización e internet, y se muestran como un apoyo significativo para transformar el mundo dentro de un ambiente interconectado. Entonces, se puede definir al «metaverso productivo» como el entorno industrial con base puramente digital que tiene sus raíces en la tecnología y en internet, innovando la producción y democratizando el acceso a sus consumidores, impulsando, a su vez, el progreso individual y colectivo a través de la economía digital.

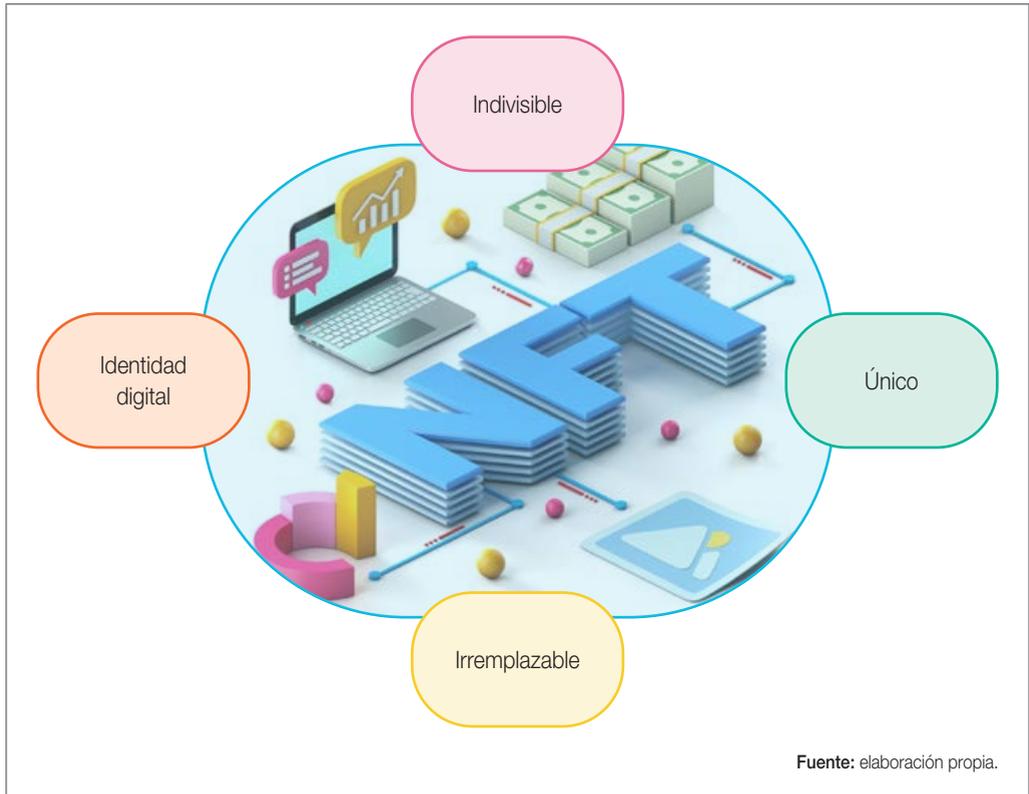
### 5.4. Economía de los metaversos

El proceso de digitalización y su aplicación es amplia, pues, a través de herramientas como los metaversos, se puede acceder a entornos virtuales. El cambio de paradigma en el comercio y en los emprendimientos no es la excepción. Dentro del esquema de su propia economía, la oportunidad de digitalizar los pagos dentro del metaverso productivo a través de los NFT permite intercambiar valor y activos en las transacciones de la realidad virtual.

De acuerdo con Grandury González (2022), esta radical innovación permite dar soporte a la identidad y a propiedad digital, lo que se traduce en estructuras modernas. Sin embargo, la economía del entorno virtual no puede analizarse por separado de la del entorno físico, pues ambas se encuentran entrelazadas de forma inevitable. A este respecto, en el metaverso, la economía podrá tener su propia gobernanza, pero, en algún punto, deberá converger con una interfaz que la comunique con el entorno físico.

Pacheco Jiménez (2022) señala que la principal característica de los NFT se encuentra en los contratos inteligentes que se contienen en el *blockchain* donde se almacenan información y propiedades. En la figura 3 se muestran las características principales asociadas a las funciones de los NFT

Figura 3. Características de los NFT



## 5.5. Convergencia entre ergonomía cognitiva, metaversos y economía

Para abordar la convergencia entre los conceptos de «ergonomía cognitiva», «metaversos» y «economía» es preciso hablar de sus atributos relacionados. En la figura 4 se muestra un diagrama con la convergencia entre cada elemento de análisis, entendiendo que cada uno posee características distintivas propias e individuales que, al integrarse en una relación de recursividad, dan partida a atributos que crean esta interacción en un concepto más robusto.

En el caso de la aplicación y vinculación entre la ergonomía cognitiva y el ámbito económico, su relación se emulsiona generando eficiencia productiva, entendiendo que uno de los objetivos de la ergonomía cognitiva es favorecer a través de sus directrices la experiencia y relación entre una interfaz y el operario.

En este sentido, Fournier Guimbao (2021) señala que, en la era digital contemporánea, tras la explosión del uso y apropiación de las redes sociales, y tras el contexto de confinamiento a causa de la COVID-19, las actividades productivas, recreativas y escolares tornaron en su mayoría al uso de dispositivos electrónicos y digitales.

Con ello se ha hecho evidente que las experiencias entre el usuario y los instrumentos de conectividad digital son un factor preponderante para su manipulación y que, de ello, depende el incremento o la desaceleración de la productividad en cualquier ámbito de consumo de experiencias digitales.

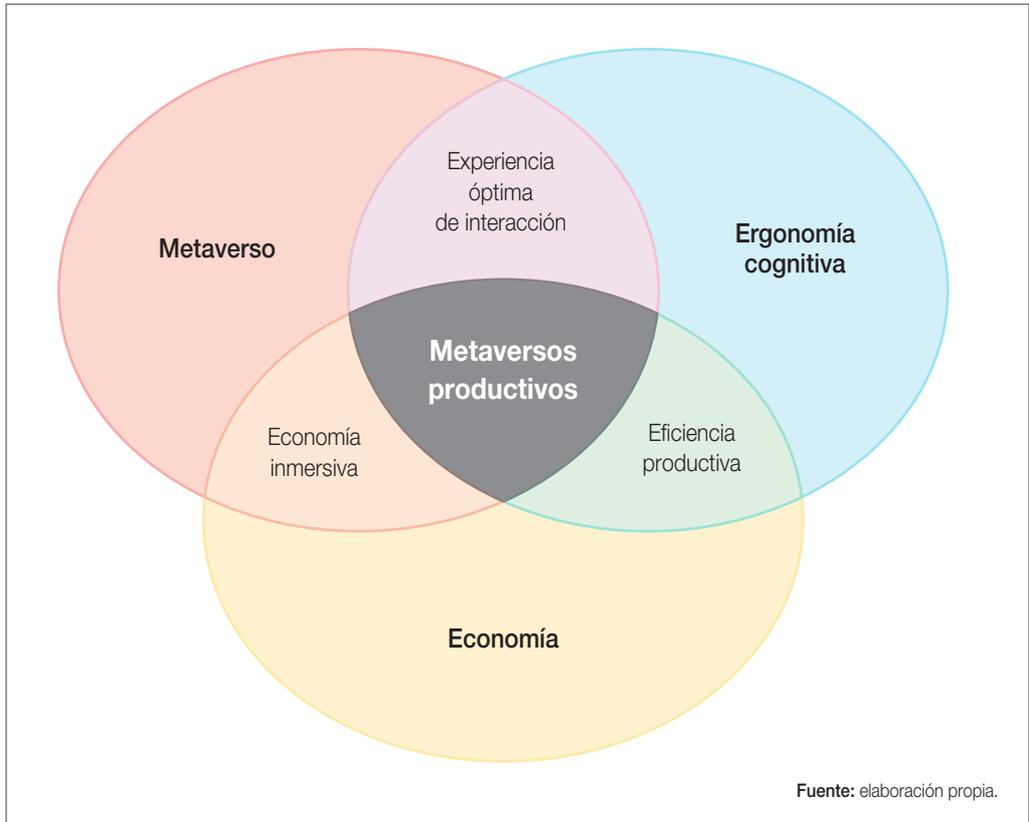
En este orden de ideas, cuando se trata de la convergencia entre la economía y los metaversos, se logra la consolidación de una economía inmersiva que, de acuerdo con Zamora (2016), integra elementos propios de la economía digital y la experiencia de realizar acciones y transacciones en un entorno virtual a través de contratos inteligentes de *blockchain* y NFT, entre otros, movilizandando la participación del usuario en una realidad alterna en tercera dimensión y obteniendo beneficios económicos tangibles.

Ahora bien, en la figura 4, cuando se observa la intersección entre los «metaversos» y la «ergonomía cognitiva», se crea una «experiencia óptima de interacción», ya que, si al diseñar un metaverso se integran los elementos fundamentales que propone la ciencia ergonómica en materia cognitiva, el entorno virtual será sano para el usuario.

Asimismo, Almirall Hernández y Marroquín (2016) explican que las pautas ergonómicas para los contextos virtuales y la relación entre el ser humano y los dispositivos facilitan el aprovechamiento del entorno, los procesos de percepción y apreciación en el entorno inmersivo o virtual se robustecen, se estimula la interacción entre usuarios, se favorece el aprendizaje, se mejora el rendimiento del operador en la ejecución de las tareas y se asegura el confort del individuo.

Ahora bien, en su conjunto, la convergencia entre estos tres grandes elementos (ergonomía cognitiva, economía y metaversos) genera un nuevo concepto, como es el de «metaverso productivo», resultado de la recursividad y de la interacción, del apoyo y de la aplicación de un sistema complejo que engloba naturalezas distintas, como la ciencia económica, la ergonomía (en su variante cognitiva) y el diseño ingenieril de un entorno inmersivo virtual (Camacho y Martínez-Brocal, 2022; Chajín Flórez, 2021; Cuesta Cambra y Mañas Viniegra, 2016; Vacas Aguilar, 2018).

Figura 4. Convergencia entre ergonomía cognitiva, metaversos y economía



En este orden de ideas, es importante analizar la convergencia de los elementos que dan dinamismo y orientación a los metaversos productivos, que resultan ser un aliado en distintos sectores, estimulando la innovación, el desarrollo de tecnología, la facilitación de procesos y la continuidad y permanencia de las actividades tradicionales, ahora en entornos virtuales inmersivos.

## 5.6. Desafíos y oportunidades

Ante la innovación y la apropiación de la tecnología, los retos y las oportunidades son inminentes; sin embargo, la identificación de estos permite gestionarlos para solventar las carencias y promover su uso con la evidencia de su utilidad. En el cuadro 1 se describen algunos desafíos y oportunidades que se observan al buscar la óptima relación entre los elementos de convergencia: la ergonomía cognitiva, los metaversos productivos y la economía.



Cuadro 1. Desafíos y oportunidades de los elementos de convergencia

Desafíos	Oportunidades
<b>Ergonomía cognitiva</b>	
<p>La implementación correcta de los elementos en el diseño de las interfaces derivado de los costos de rediseño (Sanabria y Méndez Romero, 2022).</p> <p>Difusión escasa de los beneficios de mejorar la relación entre un individuo operador y los dispositivos digitales (Méndez González, 2020).</p> <p>Existen limitaciones en la capacidad de procesamiento, pues el sistema cognitivo de un individuo es dependiente de la eficacia del diseño de la interfaz y la sobrecarga mental que la tarea le genere (Otávio <i>et al.</i> 2022).</p>	<p>Diseños de interfaces a través de la ergonomía cognitiva que estimulen la retención de información mediante estrategias que favorezcan el aprendizaje y la concentración y que no generen sobrecarga mental (López Daza, 2022).</p> <p>Aplicación de los modelos mentales en el diseño de productos tecnológicos, digitales e interfaces de usuario: diseñador, usuario y sistema (Correa Torres, 2021).</p>
<b>Metaversos productivos</b>	
<p>El posicionamiento de productos y servicios a través de un metaverso supone riesgos costosos (Taboada, 2022).</p> <p>Evolución constante de las necesidades del consumidor, por lo que la industria de los metaversos debe invertir y generar cada vez más rápido una nueva tecnología para satisfacerlas (Sanromán Aranda, 2023).</p>	<p>Herramienta prometedora para la actualización del aprendizaje y para la generación de conocimientos (Avilés Vilchez <i>et al.</i>, 2023).</p> <p>Surgimiento de nuevos modelos de negocios que hagan uso de la realidad inmersiva en 3D (Camacho y Martínez-Brocal, 2022).</p> <p>Diversas industrias, como los servicios, finanzas, marketing, etc., optan por la adopción de nuevas tecnologías (Crespo-Pereira <i>et al.</i>, 2023).</p>
<b>Economía</b>	
<p>Un desafío en el ámbito económico es la incorporación de las nuevas tecnologías en la prestación de servicios financieros (FinTech). Otro desafío destacable es la rigidez de los marcos regulatorios tradicionales, que no consideran la importancia de los GAFAN (Google, Facebook, Apple y Amazon) como entes importantes en la economía y competitividad de los entornos productivos (Miguel de Bustos e Izquierdo-Castillo, 2019).</p>	<p>Crecimiento de industrias tradicionales a partir de la integración de la economía digital e inmersiva (Godoy, 2020).</p> <p>Cada vez son más las empresas que se suman a realizar actividades en el metaverso para competir y generar beneficios (Acosta <i>et al.</i>, 2018).</p>

Fuente: elaboración propia.

## 6. Conclusiones

Como resultado de la presente revisión documental, se concluye que los entornos productivos, dentro de un metaverso, son una realidad cercana y posible. Si bien se requiere de una mayor inversión en innovación y tecnología a nivel nacional, la estimulación de los entornos de trabajo virtual puede resultar en una ventaja competitiva para las industrias que los pongan en práctica y revolucionen sus métodos de producción.

Asimismo, surgen nuevas necesidades a partir del entorno virtual. El incremento en el uso de las tecnologías en los procesos cotidianos de las personas y la interconectividad en las relaciones sociales y laborales son solo algunos factores que destacan la importancia y premura de visualizar un mundo tridimensional digitalizado.

En este sentido, y de acuerdo con algunos autores, como Sánchez y Ríos (2011), si se desea incrementar el crecimiento económico, se deben conjugar elementos que generen conocimiento y el desarrollo de innovaciones aplicadas que respondan a los retos del mundo contemporáneo.

Lo anterior apoya la propuesta de otros investigadores, como Miguélez-Juan *et al.* (2019), para quienes las transformaciones en materia tecnológica dan lugar a nuevos procesos que contribuyen a beneficios económicos que una sociedad puede aprovechar.

Asimismo, en este estudio de investigación se documenta que los metaversos proporcionan muchas ventajas a los usuarios, como medios de interoperabilidad entre los mundos virtuales y la realidad.

Algunos autores, como Almirall Hernández y Marroquín (2016), exponen que un aspecto notable para optimizar los beneficios que estas interacciones suponen es la relación en el entorno de trabajo entre una interfaz y un operario, y cuyos riesgos latentes en las interacciones pueden minimizar las experiencias positivas.

Otro punto que hay que destacar es que la ergonomía cognitiva puede aportar mejoras a la relación entre dispositivos, realidades virtuales y humanos, como explican Almirall Hernández y Marroquín (2016), pues la intervención fundamentada en las directrices de la ergonomía cognitiva con enfoque integrador mejora la participación de un individuo y los procesos y las actividades laborales en un mundo virtual.

Por todo lo anterior, el estudio y análisis de las investigaciones de diversos autores en el campo de la ergonomía cognitiva, de los metaversos y de la economía son necesarios para comprender la evolución de estos fenómenos actuales que afectan a las personas, a la tecnología y a la mejora de los entornos laborales.



Como propuesta para futuras investigaciones se plantea profundizar en contextos específicos de industrias de interés que implementen y hagan uso de los metaversos productivos, pues, en cada sector, el diseño y el objeto de uso es distinto; por lo tanto, los beneficios que se generan, los desafíos y las oportunidades también los son.

Por otro lado, es interesante indagar sobre la adaptación de las distintas segmentaciones y microsegmentaciones poblacionales a los entornos virtuales inmersivos, así como sobre la caracterización de estos grupos.

## Referencias bibliográficas

- Acosta, M., Velastegui, A. Y. y Coronel Pérez, V. (2018). Perspectivas de la economía digital en Latinoamérica: caso Ecuador. *3C Empresa: Investigación y Pensamiento Crítico*, 7(3), 28-43.
- Aguilar Córdova, E. R. (2018). *Metodología didáctica basada en metaversos con relación a los estilos de aprendizaje en la educación secundaria* (Trabajo fin de grado). Universidad Técnica de Ambato.
- Allen, T. D., Golden, T. D. y Shockley, K. M. (2015). How effective is telecommuting? Assessing the status of our scientific findings. *Psychological Science in the Public Interest*, 16(2), 40-68. <https://doi.org/10.1177/1529100615593273>
- Almirall Hernández, P. J. y Marroquín, E. (2016). Ergonomía cognitiva. Resultados de un taller de capacitación. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 17(3), 49-56.
- Anacona, J. D., Millán, E. E. y Gómez, C. A. (2019). Aplicación de los metaversos y la realidad virtual en la enseñanza. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 13(25), 59-67. <https://doi.org/10.31908/19098367.4015>
- Arellano Pimentel, J. J., Cantón Enríquez, D., Hernández López, M. Á. y Nieva García, O. S. (2017). Uso didáctico de la realidad virtual inmersiva con interacción natural de usuario enfocada a la inspección de aerogeneradores. *Apertura*, 9(2), 8-23. <https://doi.org/10.32870/ap.v9n2.1049>
- Avilés Vílchez, J. B., Galán García, A., Macedo Luna, K. I. y Soria Armas, J. A. (2023). *Plan de negocio para la creación de una empresa que brinde un servicio basado en una plataforma de interacción humana dentro de un metaverso enfocado en el sector corporativo* (Trabajo fin de grado). Universidad ESAN.
- Barneche Naya, V., Miura López, R. y Hernández Ibáñez, L. A. (2011). Metaversos formativos. Tecnologías y estudios de caso. *Vivat Academia. Revista de Comunicación*, 117(núm. extra), 368-386. <https://doi.org/10.15178/va.2011.117E.368-386>
- Bruno, D. P., Coelho, R. y Palumbo, M.ª M. (2017). Innovación organizacional e institucionalización conflictiva de las organizaciones de la economía popular. *Argumentos*, 19, 90-119.

- Camacho, J. M.<sup>a</sup> y Martínez-Brocal, J. (2022). El metaverso y las nuevas realidades digitales como oportunidad de negocio. *Harvard Deusto Business Review*, 328, 60-69.
- Campo-Prieto, P., Cancela Carral, J. M.<sup>a</sup>, Machado de Oliveira, I. y Rodríguez-Fuentes, G. (2021). Realidad virtual inmersiva en personas mayores: estudio de casos. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 39, 1.001-1.005.
- Cárdenas Espinosa, R. D. (2014). Metaversos y su relación en el aprendizaje significativo a través de los avatares. *Memorias*, 84, 1-9. <https://doi.org/20.500.11907/2157>
- Chajín Flórez, M. (2021). La economía del metaverso. *Dictamen Libre*, 29, 1-3. <https://doi.org/10.18041/2619-4244/dl.29.8530>
- Correa Torres, Á. (2021). *Factores humanos y ergonomía cognitiva*. Editorial Universidad de Granada.
- Crespo-Pereira, V., Sánchez-Amboage, E. y Membiela-Pollán, M. (2023). Retos del metaverso: una revisión sistemática de la bibliografía desde las ciencias sociales, el marketing y la comunicación. *Profesional de la Información*, 32(1), 1-21.
- Cuesta Cambra, U. y Mañas Viniegra, L. (2016). Integración de la realidad virtual inmersiva en los grados de Comunicación. *Revista Icono14. Revista Científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*, 14(2), 1-21. <https://doi.org/10.7195/ri14.v14i2.953>
- Delgado Fernández, T. (2020). Taxonomía de transformación digital. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 1(1), 4-23.
- Fournier Guimbao, J. (2021). La transformación digital: un aliado estratégico en la era COVID. *bie3: Boletín IEEE*, 21, 668-683.
- García Acosta, G. y Lange Morales, K. (2010). La ergonomía como estructura para la innovación en la ingeniería de proyectos de organizaciones productivas [Presentación]. *XIV Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos*. Madrid, España. <http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/2126>
- García Pérez, L. L. y Robles Estrada, C. (2014). Los metaversos y el marketing: Second Life como herramienta para la extensión de la experiencia de marca. En C. Robles Estrada, J. Pelayo Maciel y A. A. Suastegui Ochoa (Eds.), *La mercadotecnia digital y en redes sociales* (pp. 78-96). Ediciones de la Noche.
- Godoy, J. R. (2020). Bancarización, digitalización y banca móvil. Evolución de los modelos de negocios bancarios en la economía digital de Panamá. *Revista FAECO Sapiens*, 3(2), 13-37.
- Grandury González, M. L. (2022). Implementación y análisis de la tecnología Blockchain y su implicación fundamental en el desarrollo de un metaverso descentralizado (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica de Madrid.
- Hernández-Sánchez, A. M.<sup>a</sup> y Ortega-Maldonado, A. (2015). Hacia la personalización del e-learning: la afectividad y su repercusión en el bienestar subjetivo. *Revista Lasallista de Investigación*, 12(2), 194-203.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares 2020*. ENDUTIH. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463901235>
- Kaminsky, W. (2005). WinXMorph: un programa informático para dibujar la morfología de los cristales, sectores de crecimiento y secciones transversales con archivos de exportación en VRML V2.0 utf8-formato de realidad virtual. *Revista de Cristalografía Aplicada*, 38(3), 566-567.



- Linares-Espinós, E., Hernández, V., Domínguez-Escrig, J. L., Fernández-Pello, S., Hevia, V., Mayor, J., Padilla-Fernández, B. y Ribal, M. J. (2018). Metodología de una revisión sistemática. *Actas Urológicas Españolas*, 42(8), 499-506.
- López Daza, E. (2022). *Caracterización de la carga mental del área de cosecha de una empresa floricultora usando los principios de la ergonomía cognitiva*. REDICES.
- López Pérez, C. (2021). *Organización del trabajo: teletrabajo* (Trabajo fin de grado). Universidad de Valladolid.
- Lorente Sanjuán, F. J. y Torreblanca, F. (2022). Ética empresarial de las marcas en los nuevos escenarios: negocios en el metaverso. En A. Monfort, S. Fernández Lores (Coords.), *Marketing y Comunicación en Ética Empresarial. XXIX edición del Congreso EBEN España*. Escuela Superior de Gestión Comercial y Marketing, ESIC.
- Méndez González, Á. (2020). *Ergonomía cognitiva-cronoergonomía-ergonomía temporal. Turnos rotativos. Análisis y soluciones de gestión* (Trabajo fin de máster). Universidad Miguel Hernández.
- Miguel de Bustos, J. C. e Izquierdo-Castillo, J. (2019). ¿Quién controlará la comunicación? El impacto de los GAFAM sobre las industrias mediáticas en el entorno de la economía digital. *Revista Latina de Comunicación Social*, 74, 803-821.
- Miguélez-Juan, B., Núñez Gómez, P. y Mañas-Viniestra, L. (2019). La realidad virtual inmersiva como herramienta educativa para la transformación social: un estudio exploratorio sobre la percepción de los estudiantes en educación secundaria postobligatoria. *Aula Abierta*, 48(2), 157-166. <http://doi.org/11162/185718>
- Murphy Kelly, S. (2021). *Facebook Changes Its Company Name to Meta*. CNN Biseness. <https://edition.cnn.com/2021/10/28/tech/facebook-mark-zuckerberg-keynote-announcements/index.html>
- Mystakidis, S. y Christopoulos, A. (2022). Teacher perceptions on virtual reality escape rooms for stem education. *Information*, 13(3), 1-13.
- Organización Internacional del Trabajo. (2021). *Informe sobre perspectivas sociales y de empleo en el mundo*. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dco/mm/---publ/documents/publication/wcms\\_823119.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dco/mm/---publ/documents/publication/wcms_823119.pdf)
- Otávio, Melo, M., Almeida Cohen, T. de, Silva Bueno, L. da y Torro-Alves, N. (2022). Aspectos de la ergonomía cognitiva en los operadores de centros de control de energía eléctrica. *Ergonomía, Investigación y Desarrollo*, 4(1), 102-115.
- Pacheco Jiménez, M.ª N. (2022). De la digitalización de los pagos a los tokens del metaverso. *La Ley Mercantil*, 91.
- Páez-Gabriunas, I., Sanabria, M., Gauthier-Umaña, V., Méndez-Romero, R. A. y Rivera Virgüez, L. (Eds.). (2022). *Transformación digital en las organizaciones*. Editorial Universidad del Rosario.
- Pallaro, A. (2022). Blockchain, criptomonedas, DAOs y metaversos: ¿arquitectura del futuro? *Observatorio del Futuro Universidad Siglo 21*, 14(2), 115-134.
- Pardal-Refoyo, J. L. y Pardal-Peláez, B. (2020). Anotaciones para estructurar una revisión sistemática. *Revista ORL*, 11(2), 155-160.
- Ramírez Vélez, R., Meneses-Echavez, J. F. y Flórez-López, M.ª E. (2016). Una propuesta metodológica para la conducción de revisiones sistemáticas de la literatura en la investigación biomédica. *CES Movimiento y Salud*, 1(1), 61-73.

- Ricoeur, P. (2000). Narratividad, fenomenología y hermenéutica. *Anàlisi: Quaderns de Comunicació i Cultura*, 25, 189-207.
- Rizzo, A. (2020). *Ergonomía cognitiva*. Il Mulino. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-75867-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-75867-7_2)
- Rosales Soto, A. (2023). La era del metaverso para la transformación digital de los negocios. *Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 16(16), 999-1011. <https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/2141>
- Rubio Tamayo, J. L. y Gértrudix Barrio, M. (2016). Realidad virtual (HMD) e interacción desde la perspectiva de la construcción narrativa y la comunicación: propuesta taxonómica. *Icono14. Revista Científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*, 14(2), 1-24.
- Salcido Reyna, M. V., Vargas del Toro, A., Medina Vincent, N. A., Ramírez Amado, F., García Salazar, M. O., Briseño González, A. M. y Jiménez Ávila, J. M. (2021). Revisión sistemática: el más alto nivel de evidencia. *Orthotips AMOT*, 17(4), 217-221.
- Sanabria, M. y Méndez Romero, R. A. (2022). Tecnologías claves para la transformación digital en las organizaciones. En I. Páez-Gabriunas, M. Sanabria, V. Gauthier-Umaña, R. A. Méndez-Romero, L. Rivera Virgüez (Eds.), *Transformación digital en las organizaciones* (pp. 31-76). Editorial Universidad del Rosario. <https://doi.org/10.12804/urosario9789587848366>
- Sánchez, C. y Ríos, H. (2011). La economía del conocimiento como base del crecimiento económico en México. *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 8(2), 43-60.
- Sánchez-Juárez, I. L. y Aguilar Esparza, E. (2020). *Empresas mexicanas ante el COVID-19*. Instituto de Ciencias Sociales y Administración. <http://cathi.uacj.mx/20.500.11961/15212>
- Sanromán Aranda, R. S. (2023). Los actos jurídicos en el mundo metaverso. *Quaestio Iuris*, 16(1), 58-74.
- Segovia, R. y Pérez, L. (2009). El taller de diseño arquitectónico virtual. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, 10(2), 100-117.
- Sousa-Ferreira, R., Campanari-Xavier, R. A. y Rodrigues-Ancioto, A. S. (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(33), 223-241. <https://doi.org/10.21830/19006586.728>
- Statista. (2021). *Empowering People with Data*. <https://es.statista.com/>
- Taboada, G. (2022). Tecnologías inmersivas, metaverso, web3 y negocios. *Capital Humano: Revista para la Integración y Desarrollo de los Recursos Humanos*, 378, 13.
- Vacas Aguilar, F. (2018). Transformación digital: del lifting a la reconversión. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 10, 135-143. <https://doi.org/10.51302/tce.2018.199>
- Varona-Castillo, L. y Gonzales-Castillo, J. R. (2021). Crecimiento económico y distribución del ingreso en Perú. *Problemas del Desarrollo*, 52(205), 79-107. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2021.205.69636>
- World Economic Forum. (2020). *Global Technology Governance Report 2021: Harnessing Fourth Industrial Revolution Technologies in a COVID-19 World Insight Report December 2020*. In Collaboration with Deloitte.
- Zamora, A. (2016). *Disrupción digital: el efecto multiplicador de la economía digital*. Accenture Strategy.

**id Jesús Ernesto Rocha-Ibarra.** Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma de Baja California (México). Actualmente, es profesor-investigador del Departamento de Arte y Empresa de la Universidad de Guanajuato (México). Cuenta con perfil deseable (PRODEP) y pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (candidato). Dentro de sus intereses académicos están los temas de CyMAT, ergonomía y productividad e industria 4.0.

**id Clara Azucena Rodríguez-Sánchez.** Estudiante de segundo semestre de la maestría en Estudios Empresariales de la Universidad de Guanajuato (México). Becaria del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en la modalidad de estudiante inscrita en el Posgrado Nacional de Calidad (PNC). Licenciada en Gestión Empresarial por la Universidad de Guanajuato. Becaria del Estímulo de Investigación de la Universidad de Guanajuato en proyectos como «La capacidad exportadora de las pymes dedicadas a la producción de calzado en el estado de Guanajuato», «La producción de berries en el desarrollo agrícola mexicano: un estudio de ventaja competitiva», «Ergonomía en actividades académicas desde casa», «Evaluación de un ciclo de trabajo mediante un análisis correlacional y métodos de evaluación ergonómica NIOSH y OCRA: bajo la norma oficial mexicana NOM-036-1 de riesgos ergonómicos» y «Ergonomía cognitiva, metaversos y economía».

**id María Guadalupe Guzmán-Álvarez.** Estudiante del octavo semestre de la licenciatura en Gestión Empresarial de la Universidad de Guanajuato (México). Participó en Estímulos de Investigación de la Universidad de Guanajuato en proyectos como «Infografías para la adecuada realización de actividades académicas desde casa» y «Ergonomía cognitiva, metaversos y economía». Acreedora del Estímulo de Investigación de la Universidad de Guanajuato en el proyecto «Ergonomía cognitiva, metaversos y economía». Participante en el Verano de la Ciencia 2021 dentro del proyecto «Evaluación de un ciclo de trabajo, bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-036-1 de riesgos ergonómicos». Participante del curso Tübingen Virtual Intercultural Pre-Package (Tü-VIPP) de Eberhard Karls Universität Tübingen en Alemania (2020).

**id Karla Lizbeth Robles-Hernández.** Estudiante de la licenciatura en Gestión Empresarial de la Universidad de Guanajuato (México). Su interés por la investigación y la coordinación de eventos la llevó a participar en 2019 en el proyecto «Análisis de diferentes tratamientos de fertilización para la eficiencia económica del maíz». Ha participado en proyectos de investigación como «El impacto de la industrialización y el cambio climático sobre la distribución de la producción apícola en Guanajuato», «Finanzas personales» y «Ergonomía cognitiva, metaversos y economía». En 2021, obtuvo el reconocimiento al desempeño académico.

**id Yashiro Danahi Cisneros-Reyes.** Doctora en Administración por la Universidad Autónoma de Durango (México). Maestra en Fiscal (especialidad de Impuestos al Comercio Exterior) y licenciada en Comercio Internacional, ambos por la Universidad de Guanajuato (México). Realizó una estancia posdoctoral en la Universidad de Guanajuato y estancias de investigación en Japón (Hiroshima University y Nagaoka University of Technology). Actualmente, es miembro (nivel I) del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Forma parte de diversas redes de investigación internacionales, como la Red para la Competitividad de las Pequeñas y Medianas Empresas y el Desarrollo Sostenible (RADAR) y el Parque Tecnológico GIGAKU (palabra de origen japones que significa «ciencia de la tecnología»). Ha participado como ponente y conferenciante en eventos nacionales e internacionales. Profesora del Departamento de Arte y Empresa de la Universidad de Guanajuato. Sus líneas de investigación son la internacionalización, la competitividad y la gestión empresarial.

**Contribución de autores.** Idea: J. E. R.-I. e Y. D. C.-R.; Revisión de literatura (estado del arte): C. A. R.-S., M. G. G.-Á., K. L. R.-H.; Metodología: C. A. R.-S.; Análisis de datos: C. A. R.-S., M. G. G.-Á., K. L. R.-H.; Resultados: C. A. R.-S.; Discusión y conclusiones: Y. D. C.-R.; Redacción (borrador original): J. E. R.-I., C. A. R.-S., M. G. G.-Á., K. L. R.-H; Revisiones finales: Y. D. C.-R.; Diseño del proyecto y patrocinios: J. E. R.-I.

# Apropiación social de tecnologías libres: una experiencia de monitoreo ambiental participativo y educación ambiental

**Kevin Poveda Ducón** (autor de contacto)

*Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas/Universidad Nacional de San Martín (Buenos Aires, Argentina)*  
[kpoveda@unsam.edu.ar](mailto:kpoveda@unsam.edu.ar) | <https://orcid.org/0000-0003-1364-4959>

**Estefanía Piegari**

*Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas/Universidad Nacional de San Martín (Buenos Aires, Argentina)*  
[epiegari@unsam.edu.ar](mailto:epiegari@unsam.edu.ar) | <https://orcid.org/0000-0002-9739-2463>

**Ignacio Boron**

*Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas/Universidad Nacional de San Martín (Buenos Aires, Argentina)*  
[iboron@unsam.edu.ar](mailto:iboron@unsam.edu.ar) | <https://orcid.org/0000-0003-3751-6724>

**Luciano Iribarren**

*Grupo de Didáctica de las Ciencias/Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas/Universidad Nacional de La Plata (Buenos Aires, Argentina)*  
[luciano.iribarren@gmail.com](mailto:luciano.iribarren@gmail.com) | <https://orcid.org/0000-0003-4244-1325>

## Extracto

Se sistematiza una experiencia de articulación entre universidad, escuelas y movimientos sociales involucrados en conflictos ambientales por contaminación del agua. Se promovió la educación ambiental y la apropiación social de tecnologías de desarrollo libre mediante el monitoreo participativo de contaminación del agua en humedales urbanos del Área Metropolitana de Buenos Aires (Argentina). Para ello, se utilizó un bioensayo basado en microalgas, acoplado a tecnologías de la información y la comunicación (TIC), desarrolladas por el grupo de Sensores Comunitarios (CoSensores). Se presentan reflexiones en torno al desarrollo de tecnologías libres desde una perspectiva de educación popular vinculada al pensamiento ambiental latinoamericano.

**Palabras clave:** calidad del agua; medioambiente acuático; educación ambiental; contaminación; urbanización; tecnologías de la información y la comunicación (TIC); conocimiento colaborativo.

Recibido: 23-02-2023 | Aceptado: 26-10-2023 | Publicado: 06-05-2024

**Cómo citar:** Poveda Ducón, K., Piegari, E., Boron, I. e Iribarren, L. (2024). Apropiación social de tecnologías libres: una experiencia de monitoreo ambiental participativo y educación ambiental. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 163-190. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.18667>

# Social appropriation of free technologies: an experience of participatory environmental survey and environmental education

**Kevin Poveda Ducón** (corresponding author)

*Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas/Universidad Nacional de San Martín (Buenos Aires, Argentina)*  
[kpoveda@unsam.edu.ar](mailto:kpoveda@unsam.edu.ar) | <https://orcid.org/0000-0003-1364-4959>

**Estefanía Piegari**

*Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas/Universidad Nacional de San Martín (Buenos Aires, Argentina)*  
[epiegari@unsam.edu.ar](mailto:epiegari@unsam.edu.ar) | <https://orcid.org/0000-0002-9739-2463>

**Ignacio Boron**

*Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas/Universidad Nacional de San Martín (Buenos Aires, Argentina)*  
[iboron@unsam.edu.ar](mailto:iboron@unsam.edu.ar) | <https://orcid.org/0000-0003-3751-6724>

**Luciano Iribarren**

*Grupo de Didáctica de las Ciencias/Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas/Universidad Nacional de La Plata (Buenos Aires, Argentina)*  
[luciano.iribarren@gmail.com](mailto:luciano.iribarren@gmail.com) | <https://orcid.org/0000-0003-4244-1325>

## Abstract

An experience of articulation between universities, schools and social movements involved in environmental conflicts due to water contamination is systematized. Environmental education and social appropriation of freely developed technologies were promoted for participatory monitoring of water pollution in urban wetlands of the Buenos Aires Metropolitan Area (Argentina). For this purpose, a bioassay based on microalgae was used, coupled with information and communication technologies (ICT) developed by the Community Sensors group (CoSensores). Reflections are presented on the development of free technologies from a perspective of popular education linked to Latin American environmental thought.

**Keywords:** water quality; aquatic environment; environmental education; contamination; urbanization; information and communication technologies (ICT); collaborative learning.

Received: 23-02-2023 | Accepted: 26-10-2023 | Published: 06-05-2024

**Citation:** Poveda Ducón, K., Piegari, E., Boron, I. and Iribarren, L. (2024). Social appropriation of free technologies: an experience of participatory environmental survey and environmental education. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 163-190. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.18667>



## Sumario

1. Introducción
  2. Marco teórico
    - 2.1. Movimientos sociales y apropiación social de las TIC desde una mirada político-pedagógica
    - 2.2. Organizaciones socioterritoriales participantes: conflictos ambientales por contaminación de cuencas y pérdida de espacios naturales en el Área Metropolitana de Buenos Aires
    - 2.3. Las escuelas y su rol en los conflictos ambientales
    - 2.4. El aporte del grupo CoSensores desde las universidades públicas
  3. Metodología
  4. Sistematización y análisis de la experiencia
  5. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

**Nota:** los autores del artículo declaran que todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de este estudio de investigación se han realizado de conformidad con las leyes y directrices institucionales pertinentes. Asimismo, los autores del artículo han obtenido el consentimiento informado (libre y voluntario) por parte de todas las personas intervinientes en este estudio de investigación.

## 1. Introducción

Desde el año 2013, CoSensores se constituyó como un grupo de extensión interdisciplinario conformado por investigadores y estudiantes (hombres y mujeres) de universidades nacionales pertenecientes a las áreas de biología, química, física, ciencias ambientales e ingeniería ambiental, entre otras, que trabajan junto a comunidades organizadas en el desarrollo de métodos y herramientas que permiten evaluar la presencia de contaminantes de manera sencilla y autónoma en el territorio, acompañando acciones y procesos reivindicativos (Lanzarotti *et al.*, 2016).

El presente trabajo sistematiza una experiencia de colaboración entre universidad, escuela y movimientos sociales realizada con el objetivo de construir conocimiento en relación con la apropiación social de las TIC en el marco de actividades de educación ambiental. A través de encuentros de participación comunitaria realizados en dos escuelas secundarias, se llevó a cabo una experiencia de aplicación de herramientas TIC y de un bioensayo<sup>1</sup> de desarrollo libre para el monitoreo participativo de contaminación en cursos de agua en áreas naturales. Dicha experiencia atendió a la necesidad de monitorear la calidad del agua y del ambiente de forma autónoma, según la legislación existente (Autoridad del Agua [Rel. 40/06], Decreto 831/93 y Ley general del ambiente [25.675]).

Se presentan reflexiones en torno al rol de algunas tecnologías de desarrollo libre<sup>2</sup> para la educación ambiental:

- ¿Qué sentidos críticos podrá adquirir la integración de las TIC con la educación ambiental en la articulación de escuelas públicas de nivel secundario del Área Metropolitana de Buenos Aires (Argentina) con universidades públicas y organizaciones sociales?
- ¿Qué pueden aportar las herramientas elaboradas por el grupo CoSensores en barrios afectados por la contaminación ambiental?
- ¿Qué roles pueden tener las organizaciones socioambientales locales en este tipo de actividades?

<sup>1</sup> Los «bioensayos» consisten en la exposición en laboratorio de sistemas biológicos de distinto nivel de organización a muestras ambientales para, de esa forma, inferir el grado de toxicidad de dicha muestra a través de mediciones de variables de respuesta de los sistemas expuestos (Voudouris, 2012).

<sup>2</sup> Por «tecnologías de desarrollo libre», entendemos el desarrollo y la puesta a punto de herramientas para que las mismas comunidades puedan evaluar la calidad de agua en el territorio. Se trata de herramientas «libres» cuya concepción puede ser enmarcada bajo la filosofía de la cultura libre (Lessig, 2005), movimiento que promueve la creación de obras que puedan ser modificadas y reproducidas libremente. A su vez, puede ser entendida como una herramienta «convivencial» en tanto que pretende promover los lazos sociales y la colaboración entre las personas (Illich, 1978).

Elaboramos estas preguntas como ejes de análisis, asociando cada una de ellas a objetivos de generación de conocimiento:

- Conocer los sentidos críticos que puede adquirir el cruce entre las TIC y la educación ambiental.
- Caracterizar el aporte de las herramientas elaboradas por el grupo CoSensores.
- Indagar acerca del rol que tienen las organizaciones socioambientales en este tipo de experiencias.

Estos objetivos guiaron la redacción del presente artículo a partir de la sistematización de una experiencia educativa realizada por el grupo CoSensores junto a escuelas secundarias de gestión estatal y organizaciones socioambientales. La misma se realizó en el marco del programa de voluntariado universitario Biosensores Comunitarios<sup>3</sup>, impulsado desde la Secretaría de Extensión de la Universidad Nacional de San Martín.

Dentro de la variedad de enfoques existentes en el campo de la educación ambiental, en el cruce con la didáctica de las ciencias naturales, consideramos, como Dumrauf y Mengascini (2008), que los enfoques para la educación científica en Latinoamérica necesitan privilegiar el análisis crítico e integral de las crisis y conflictos ambientales regionales, a fin de comprender realidades próximas, propias y de manera compleja, vistas como parte de la situación de emergencia planetaria. En el marco de este tipo de abordajes para la educación ambiental, las pedagogías del conflicto ambiental (Canciani *et al.*, 2017; Iribarren, Guerrero *et al.*, 2021) proponen la articulación entre escuelas y organizaciones vinculadas a conflictos ambientales, tal como se realizó en la experiencia que aquí sistematizamos.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Movimientos sociales y apropiación social de las TIC desde una mirada político-pedagógica

En las últimas décadas, los movimientos sociales han incorporado las TIC en forma activa para potenciar su acción y lucha (Castells, 1999; Valderrama, 2008). En Latinoamérica, las asambleas ciudadanas practican nuevas apropiaciones tecnológicas. Estos procesos de apropiación también se han visto acelerados últimamente por la pandemia provocada por la COVID-19, con la que la participación en redes sociales aumentó su importancia como espacio público en disputa. Numerosas investigaciones han indagado en el modo en que las TIC favorecen el trabajo colaborativo (Cabero-Almenara y Marín-Díaz, 2013, 2014), no solo

---

<sup>3</sup> Voluntariado impulsado desde la Secretaría de Extensión de la Universidad Nacional de San Martín, en el marco del cual se desarrolla la presente experiencia.

en los movimientos sociales, sino también en el ámbito escolar, y es apreciado positivamente por educadores en formación (Ramos Marcillas y Rodríguez Rubial, 2017). Asimismo, las investigaciones en torno a la producción de conocimiento colaborativo mediado por las TIC en escuelas dan cuenta del enorme potencial pedagógico que poseen (Hsu y Ching, 2013).

Este marco invita a replantearse el empleo de las tecnologías en el ámbito escolar, teniendo en cuenta las formas en las que las utilizan los movimientos sociales. También permite reflexionar sobre las creaciones tecnológicas de las universidades públicas, inspiradas en las necesidades de los territorios. De esta forma, el uso pedagógico de las TIC en la escuela puede potenciarse y alcanzar dimensiones político-pedagógicas poco exploradas. Esta articulación se presenta fértil, con movimientos socioterritoriales involucrados en problemáticas y conflictos ambientales, donde la cultura digital y la educación en el uso de las tecnologías amplían su sentido pedagógico y social (Iribarren, Guerrero *et al.*, 2021)<sup>4</sup>.

Torres (2019) analizó la historia reciente de políticas de inclusión digital comparando dos programas: Conectar Igualdad<sup>5</sup> –que tuvo la meta de construir capacidades sociales desde una mirada estatal que intentó promover la soberanía tecnológica– y Aprender Conectados<sup>6</sup> –que, en cambio, fue concebido desde una mirada neoliberal, buscando generar competitividad futura en el sector privado–. En ambos casos no se promovieron vínculos con organizaciones sociales y movimientos territoriales, los cuales pueden aportar a la apropiación social de la tecnología con horizontes «convivenciales»<sup>7</sup> (Illich, 1978). La idea misma de apropiación social en el contexto latinoamericano, para Neuman (2008), conlleva un sentido crítico de resistencia que implica hacer usos «otros»<sup>8</sup> respecto del contexto de producción original de las tecnologías. Estos usos se orientan a subvertir la historia de dominación y colonización que impregnan las relaciones norte-sur. A partir de esta actitud crítica, pueden ponerse en juego mediaciones diversas con la tecnología dadas por las diferentes identidades culturales que permiten explorar prácticas desde y para la autonomía. Al articular este tipo de objetivos, desde la educación popular latinoamericana, Paulo Freire (2012) recuerda lo siguiente:

---

<sup>4</sup> Se ha ensayado en otras experiencias que pueden consultarse, vinculadas a la elaboración de pedagogías del conflicto ambiental (Iribarren, Seoane *et al.*, 2021).

<sup>5</sup> Iniciativa lanzada desde el Ministerio de Educación de Argentina en el año 2010 que buscaba proveer de tecnología al sistema educativo, con programas de conectividad, equipamiento, capacitación docente en TIC y una plataforma educativa virtual de navegación gratuita.

<sup>6</sup> Iniciativa lanzada desde el Ministerio de Educación de Argentina en el año 2018, la cual proponía garantizar la alfabetización digital para el aprendizaje de saberes y competencias necesarias para la inserción en la «sociedad del futuro».

<sup>7</sup> Illich, uno de los referentes del pensamiento crítico latinoamericano de los años setenta del siglo XX, denominó «sociedad convivencial» a aquella en que la herramienta moderna está al servicio de la persona integrada en la colectividad y no al servicio de un cuerpo de especialistas. «Convivencial» es la sociedad en la que el hombre controla la herramienta.

<sup>8</sup> «Otros», en el sentido de usos realizados desde alguna «otredad», alguna identidad cultural.

La comprensión crítica de la tecnología, y de cuál es la educación que necesitamos para ella, debe estar fundada y, a la vez, ser una mediación cada vez más sofisticada en el mundo de hoy. Ella debe ser sometida necesariamente a la criba política y ética. Cuanto mayor viene siendo la importancia de la tecnología, tanto más se afirma la necesidad de una rigurosa vigilancia ética sobre ella, de una ética al servicio de la gente, de su vocación ontológica de ser más, y no una ética estrecha y malvada a favor del lucro y del mercado. Por eso mismo, la formación técnico-científica que con urgencia necesitamos es mucho más que el puro entrenamiento o adiestramiento para el uso de procedimientos tecnológicos (p. 128).

En esa línea, Mejía (2013) sostiene, respecto del involucramiento de los educadores populares en el uso de las TIC, lo siguiente:

La apropiación se convierte en un elemento central a estos procesos, entendida esta como la capacidad de los actores sociales populares de incluir los desarrollos de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC), y sus soportes del conocimiento, en un ejercicio de negociación cultural con sus saberes y dinámicas territorializadas para incluirlas en sus procesos organizativos, de toma de decisiones, de dinámicas de participación. Es decir, convertir estos asuntos emergentes en estratégicos y políticos sacándolos de la lectura tecnicista e instrumental (p. 207).

En este sentido, Gendler *et al.* (2018) complejizan la noción de «apropiación de tecnologías» y la diferencian en una tipología que incluye apropiación adoptada o reproductiva, apropiación adaptada o creativa, apropiación cooptativa –directa, por compra e imitativa– y creación tecnológica –con fines económicos, sociales (de autofinanciamiento), activistas (de acción colectiva e intervención social) y estatales (de soberanía nacional digital)–. Estas categorías son dinámicas, pueden transformarse, superponerse e hibridarse, y permiten dar cuenta de cómo los individuos, los colectivos, las corporaciones y los Gobiernos, entre otros actores sociales, practican la apropiación tecnológica o crean tecnologías.

## 2.2. Organizaciones socioterritoriales participantes: conflictos ambientales por contaminación de cuencas y pérdida de espacios naturales en el Área Metropolitana de Buenos Aires

Los movimientos socioambientales en Latinoamérica vienen enfrentándose en las últimas décadas a la amenaza del extractivismo<sup>9</sup> sobre sus bienes comunes naturales (Machado

---

<sup>9</sup> Dicha categoría recorre hoy tanto la bibliografía crítica como el lenguaje de los movimientos socioterritoriales. En el campo de la reflexión social crítica, la noción facilita agrupar un conjunto diverso de actividades económicas que se caracterizan por una lógica de despojo y devastación ambiental de grandes territorios.

Aráoz, 2017). Esto también se expresa en el negocio inmobiliario. La mercantilización de las áreas naturales que acompaña al actual modelo de desarrollo urbano en el Área Metropolitana de Buenos Aires ha generado numerosos conflictos ambientales. Los proyectos inmobiliarios avanzan sobre ambientes naturales, impulsados por alianzas entre Gobiernos locales y capitales privados (D'Atri, 2017). Esto deriva en contaminación y en una alteración en la dinámica y en las propiedades de los cursos de agua, así como en la falta de acceso a ambientes naturales (Merlinsky, 2018).

Un gran número de organizaciones vecinales que denuncian vulneraciones a la legislación ambiental vigente en cuanto a la calidad del agua (Autoridad del Agua [Rel. 40/06] y Decreto 831/93) y el derecho humano a un ambiente sano, consagrado en la Constitución Nacional de la República Argentina (Ley general del ambiente [25.675]), se han autoconvocado en defensa de espacios verdes y públicos (Pintos y Narodowski, 2012).

La experiencia que aquí presentamos se articuló con las asambleas vecinales Unidos por el Río<sup>10</sup> e Isla Verde<sup>11</sup> del Área Metropolitana de Buenos Aires. La primera defiende, desde 2010, la costa del Río de la Plata en el partido de Vicente López. La segunda proviene del oeste del Área Metropolitana de Buenos Aires e impulsa una reserva ecológica en el partido de Morón. Esta reserva se encuentra amenazada desde 2015 por la puesta en funcionamiento de un aeropuerto para líneas *low cost* dentro de una base militar lindera. Ambas organizaciones mantienen un vínculo estrecho con las escuelas de la zona, realizando actividades, como charlas y salidas de campo. Junto a muchas otras, estas organizaciones consideran que la articulación con las escuelas es una estrategia fundamental para la defensa y el cuidado del territorio (Iribarren, Guerrero *et al.*, 2021).

### 2.3. Las escuelas y su rol en los conflictos ambientales

Las escuelas, si bien pueden colaborar en la legitimación de modelos de desarrollo insustentables, también son instituciones clave para la resistencia y la propuesta de otros mundos posibles, como ejemplifica el caso de Ana Zabaloy<sup>12</sup> y de muchos otros docentes que visibilizan los daños a la salud de sus estudiantes, producto de la fumigación directa con agrotóxicos (Ricca *et al.*, 2019).

En la experiencia aquí analizada, se trabajó con dos escuelas secundarias públicas de gestión estatal del partido de Vicente López, ubicadas en la zona norte del Área Metropolitana de Buenos Aires. La escuela secundaria técnica General Martín Miguel de Güemes

<sup>10</sup> <http://unidosporelrio-vl.blogspot.com/>

<sup>11</sup> <https://www.instagram.com/islaverde.org/?hl=es>

<sup>12</sup> <https://www.pagina12.com.ar/199578-murio-la-directora-de-una-de-las-escuelas-fumigadas-con-agro>

(EEST4) y la escuela secundaria Paula Albarracín (ES21), en Villa Adelina, donde se imparte un bachillerato en Artes. Ambas trabajan con comunidades de bajos recursos económicos, afectadas por la vulneración de diversos derechos.

Por ello, la escuela representa no solo un lugar al que asisten los estudiantes para educarse, sino también para encontrar allí un espacio de contención social. Sin embargo, ambas escuelas funcionan en condiciones de precariedad edilicia y carencias que les dificultan sostener la matrícula y evitar la pérdida de estudiantes hacia otras escuelas. Aun en este escenario, las instituciones cuentan con un plantel docente de larga experiencia, formación y compromiso que elige trabajar en ellas y crea sentido de pertenencia. En palabras de Alba, una de las docentes de la EEST4, «nada nos detiene porque tenemos convicción y porque nuestros chicos, que son nuestro capital, lo merecen. Pero, por encima de todas las cosas, nos necesitan. Necesitamos mostrarles otro horizonte. Ellos también son el futuro. De nosotros, de las autoridades y de la sociedad depende en gran parte su futuro». De las palabras de esta profesora se deduce una visión en la práctica docente que se vincula con los principios de la educación popular. Se evidencia el objetivo de transformación de la realidad a través de la educación, recordando que «todo acto educativo es un acto político» (Freire, 2006, p. 107). También la responsabilidad frente al futuro de sus estudiantes, ya que «no hay educación para la liberación, cuyos sujetos actúen coherentemente, que no esté imbuida de un fuerte sentido de responsabilidad» (Freire, 1996, p. 100).

## 2.4. El aporte del grupo CoSensores desde las universidades públicas

Para Unidos por el Río e Isla Verde, es vital medir el impacto del extractivismo urbano<sup>13</sup> sobre los cursos de agua. Sin embargo, las técnicas tradicionales de medición en campo y en laboratorio resultan inaccesibles. El grupo CoSensores, junto a diferentes organizaciones del territorio, viene desarrollando herramientas tecnológicas libres, de bajo costo, para la evaluación comunitaria de la calidad de las aguas superficiales. Esto permite a las organizaciones acceder a herramientas adecuadas para realizar monitoreos ambientales preliminares de manera autónoma, periódica y participativa. Asimismo, el grupo considera fundamental ofrecer formación sobre la forma de funcionamiento de estas herramientas

---

<sup>13</sup> En las ciudades, no son los terratenientes «sojeros», ni las megaminerías, ni las petroleras, sino la especulación inmobiliaria la que expulsa y aglutina población, concentra riquezas, produce desplazamientos de personas, se apropia de lo público, provoca daños ambientales y desafía a la naturaleza, todo esto en un marco de degradación social e institucional. Se nutre de la misma lógica extractivista que los monocultivos y la megaminería, dando resultados similares: destrucción de la multiplicidad, acumulación y reconfiguración negativa de los territorios urbanos (Viale, 2017).

tecnológicas, proponiendo miradas críticas y criterios en torno a su aplicación y a la información obtenida. De esta forma se parte del diálogo con la comunidad, no solo para la interpretación de los resultados obtenidos, sino también para la modificación y la reapropiación de las herramientas tecnológicas.

### **3. Metodología**

La metodología empleada es la sistematización de experiencias educativas (Barragán Cordero y Torres Carrillo, 2017). En coherencia con los planteamientos de la educación popular latinoamericana, este enfoque metodológico forma parte de la tradición epistemológica de investigación-acción participativa (IAP), desde la que nos propusimos asumir nuestra responsabilidad social como comunidad científica e investigar la realidad para transformarla (Fals Borda, 1979).

En este sentido, nos pusimos en contacto con asambleas socioambientales y escuelas para participar de una experiencia de educación ambiental basada en la investigación de la calidad del agua del ambiente local, que otorgó importancia fundamental a los saberes de la comunidad en todo el proceso.

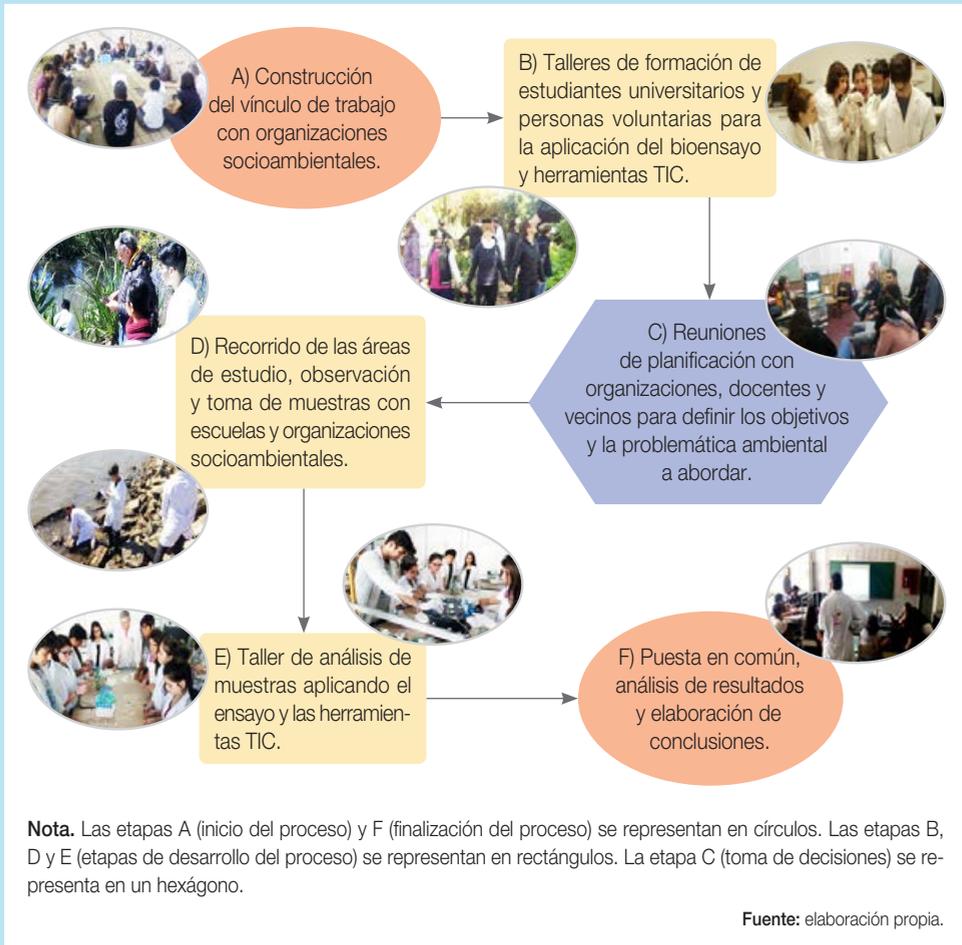
Siguiendo la orientación metodológica de la IAP para la sistematización de experiencias educativas, se conformó un grupo de sistematización y análisis que se enfocó en la reconstrucción del significado de la experiencia para los docentes de la escuela media y los investigadores de las universidades involucrados.

En cuanto a las técnicas para la obtención de información, se recurrió a la observación participante, a la realización de entrevistas y a la reconstrucción narrativa de la experiencia. En una primera etapa, se trabajó partiendo de registros fotográficos y de informes internos, entre otras fuentes de información. En una segunda etapa del proceso, se retomó el contacto con los docentes de las escuelas participantes y con los integrantes de las organizaciones socioambientales, y se realizaron entrevistas y retroalimentación en torno a la experiencia. Una vez llevado a cabo un segundo análisis colectivo, se elaboraron los ejes de sistematización.

### **4. Sistematización y análisis de la experiencia**

La experiencia se llevó a cabo durante los meses de julio y diciembre de 2018. Participaron el grupo CoSensores, las escuelas EEST4 y ES21 y las organizaciones socioambientales Unidos por el Río e Isla Verde. Como se puede observar en la figura 1, el proceso se desarrolló a través de seis etapas.

Figura I. Diagrama de flujo de la experiencia e imágenes representativas



### Etapa A. Construcción del vínculo de trabajo con organizaciones socioambientales

El grupo CoSensores participaba en distintos espacios asamblearios, como la Red de Áreas Protegidas Urbanas (RAPU), el Encuentro Socio Ambiental de Buenos Aires (ESABA) y el Encuentro de Pueblos Fumigados de la Provincia de Buenos Aires. Estos espacios permitieron generar el vínculo con las organizaciones Unidas por el Río e Isla Verde y entablar la colaboración en el voluntariado universitario Biosensores Comunitarios ya mencionado. A su vez, el contacto con ambas escuelas se hizo a través de los docentes Alba (ES21) y Juan (EEST4), quienes ya estaban vinculados con las organizaciones involucradas en este voluntariado.



## Etapa B. Talleres de formación en la aplicación de bioensayos comunitarios y herramientas TIC

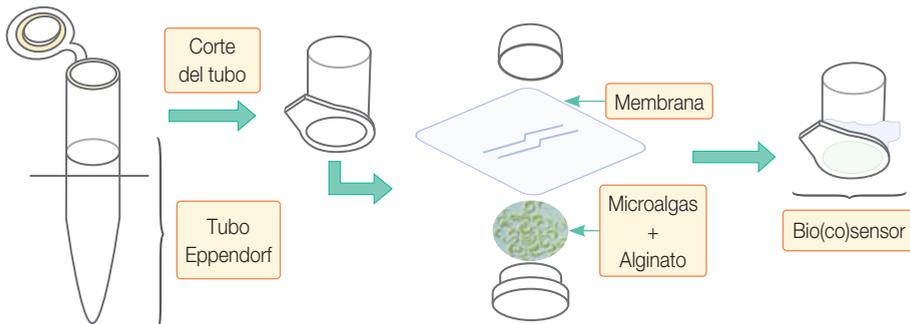
Previo al inicio de las actividades en las escuelas, se llevaron a cabo dos instancias de formación en el armado y aplicación de las tecnologías: en primer lugar, a un grupo de estudiantes universitarios integrantes del grupo CoSensores y, en segundo lugar, al grupo de docentes de las escuelas secundarias y a los miembros de las organizaciones sociales.

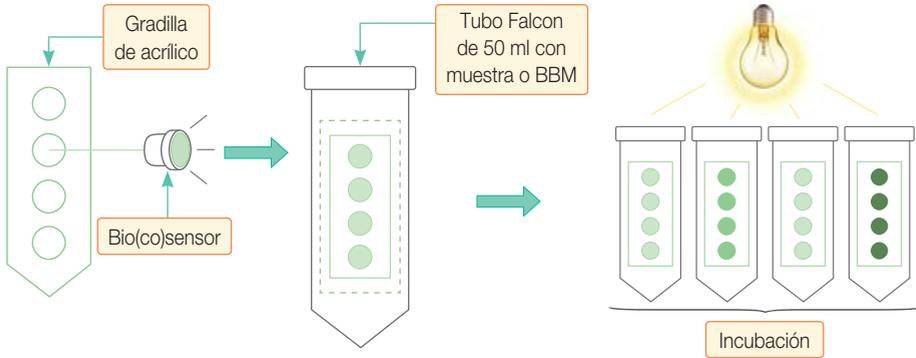
El equipo de voluntarios se formó a partir de una convocatoria abierta realizada por la Secretaría de Extensión Universitaria de la Universidad Nacional de San Martín para participar en talleres de formación de dos instancias: una, enfocada en la construcción, y otra, en la aplicación de herramientas para el monitoreo participativo de la calidad del agua. Como parte de la invitación, se compartieron los antecedentes de trabajo territorial del grupo CoSensores, describiendo la metodología de trabajo para relevar contaminantes y haciendo hincapié en la participación comunitaria mediante la vinculación con las organizaciones sociales de cada territorio. El taller inicial contó con un total de 30 estudiantes de diferentes carreras (ciencias ambientales, ingeniería ambiental y otras afines). Se abordaron dos herramientas tecnológicas libres: el bioensayo de toxicidad en agua basado en microalgas y el colorímetro de bajo costo. En el cuadro I se resumen las principales características de ambas herramientas, acompañadas de imágenes y esquemas ilustrativos.

### Cuadro I. Herramientas tecnológicas libres utilizadas en el proyecto

#### Bioensayo de toxicidad en agua basado en microalgas de bajo costo y fácil aplicación

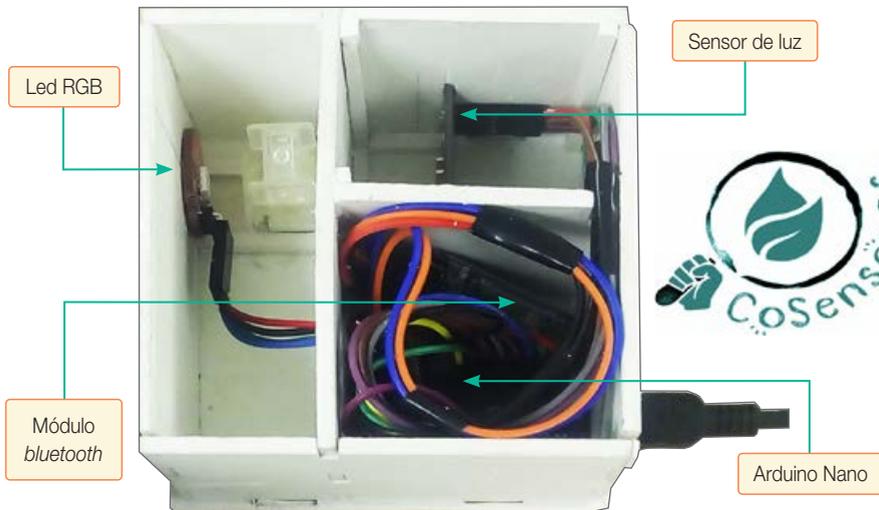
El mismo consiste en un dispositivo que, en el marco de un taller, puede ser construido por los propios miembros de la comunidad siguiendo el procedimiento que se esquematiza aquí en la figura. En el mismo se evalúa el crecimiento de una microalga (*Pseudokirchneriella subcapitata*), expuesta a una muestra de agua que se desea analizar. Finalizado el ensayo, se calcula el porcentaje de inhibición del crecimiento del alga. Se toma como referencia y control negativo la coloración verde inicial y final del dispositivo expuesto a un medio de cultivo específico para microalgas (medio basal de Bold (BBM)). Los cambios en la coloración se registran siguiendo dos métodos: la observación, a simple vista, como primera aproximación y, posteriormente, el procesamiento de las imágenes fotográficas digitales mediante el programa IMAGEJ para obtener el resultado definitivo (Prudkin Silva, 2021).





Colorímetro de bajo coste

Se trata de un dispositivo basado en el microcontrolador Arduino, con sensores y otras piezas electrónicas, como se ve en la figura, en combinación con reactivos colorimétricos comerciales para análisis de nitrato y fosfato en acuarios. Previamente, se calibra el colorímetro para calcular la concentración de cada uno de los analitos (<https://gitlab.com/cosensores/color-metro>). Los reactivos y el equipo utilizados presentan la ventaja de poder adquirirse a bajo costo en comparación con aquellos utilizados habitualmente en los laboratorios.



Fuente: elaboración propia.



Durante el primer encuentro se trabajó en las diferentes etapas para la construcción del bioensayo en un espacio de laboratorio. A su vez, como parte de la jornada, se incluyó una salida de campo al Bosque Urbano, un espacio autogestionado que aborda la educación ambiental y la promoción de prácticas permaculturales (Yanucci, 2018).

En el segundo encuentro se analizaron los resultados obtenidos para los bioensayos aplicados con diversos contaminantes. Para ello, se trabajó en una sala de computación, procesando las imágenes con las herramientas TIC que luego se utilizarían en la experiencia con las escuelas. Como resultado de esta etapa, se constituyó un grupo de trabajo de seis personas formadas en el uso de las herramientas necesarias para continuar el trabajo en las siguientes etapas, junto a las escuelas y organizaciones territoriales.

### Etapa C. Reuniones de planificación para definir los objetivos y la problemática ambiental que había que abordar

Una vez establecido el vínculo con las escuelas, se realizaron reuniones de planificación con los docentes y visitas de integrantes del grupo CoSensores para conocer el contexto y conversar con los estudiantes. En ellas se presentó al grupo CoSensores, se indagó sobre las expectativas de la comunidad escolar y se acordó el tipo de trabajo que se deseaba realizar. Se trabajó con un total de 20 estudiantes pertenecientes al quinto curso de orientación en Química de la EEST4, dentro del espacio curricular Laboratorio de Química Orgánica, Biológica y Microbiológica, y al quinto curso de orientación en Arte de la ES21, en Introducción a la Química.

En el caso de la EEST4, el docente a cargo del curso, Juan, se centró en la «enseñanza basada en proyectos». Según sus palabras, «[...] decidimos trasladarnos y hacer un trabajo de campo porque, además de la sensibilización por medio de videos, el tema del trabajo de campo aportaba otra apropiación de los conocimientos. El hecho de compartir con otras escuelas la experiencia fue un valor también añadido de este trabajo. Pudimos hacer un trabajo de campo relacionado con el río, porque, si bien nosotros no estábamos en una zona, digamos, en la que se cosechaba y se sembraba, la idea era ver el impacto que se producía más allá del territorio y cómo, a través del agua, se volcaban todos estos elementos químicos».

Nada más iniciar la experiencia, los docentes ya estaban abordando conflictos sociocientíficos, tomando como caso de estudio el impacto de los agroquímicos, tal como proponía Massarini (2011) desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS). Consideraron tanto el estudio de la estructura y de las propiedades químicas de los agrotóxicos como los discursos de empresas y organizaciones ambientales respecto de su utilización. En ese marco, el docente articuló la experiencia con el grupo CoSensores dentro de su planificación curricular. El abordaje de enseñanza basada en proyectos es un enfoque privilegiado para la educación ambiental, ya que permite a los docentes «modificar sus prácticas diarias, salir de lo cotidiano y animarse a algo más enriquecedor, con riesgos, pero con buenos resultados, donde los alumnos son partícipes del proceso de aprendizaje y el docente [es] un orientador y colaborador en ese proceso» (Dumrauf *et al.*, 2013, p. 50). Este tipo de actividades configuran una «entrada al territorio en conflicto» (Iribarren, Guerrero *et al.*, 2021).



### Etapa D. Recorrido de las áreas de estudio, observación y toma de muestras con las escuelas y los representantes de las organizaciones

Una vez acordada la planificación general con las escuelas, la experiencia se inició con salidas de campo desde una perspectiva investigativa (Orion, 1993) para el muestreo y la observación de los territorios, guiadas por integrantes de las organizaciones locales en puntos de la cuenca del río Reconquista y en la costa del Río de la Plata. En la figura II se observa la ubicación geográfica de los sitios de muestreo.

Figura II. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo





### Subetapa D1. Experiencia junto a Isla Verde

En el río Reconquista se tomaron muestras en arroyos y ríos aledaños al área protegida por la organización Isla Verde (véase punto 1 de la figura II), sumando otros dos puntos de referencia relevantes para el equipo universitario que no fueron incluidos en las salidas educativas debido a una mayor lejanía del lugar:

- Dique Roggero (al final de la cuenca alta).
- Altura de la ruta 8 (al comienzo de la cuenca baja).

El recorrido fue guiado por miembros de la organización vecinal e incluyó una historización del territorio en conflicto, la descripción de la biodiversidad local y su relación con los ríos y humedales de la zona. Los arroyos Céspedes y Corvalán delimitan el área al norte y al sur, y el arroyo Morón es su límite oeste. Al inicio del muestreo se consultó a los integrantes de la organización sobre sus conocimientos en relación con la salud del arroyo. Mencionaron que no poseían información oficial sobre el origen de las aguas a pesar de haberla solicitado numerosas veces a los organismos pertinentes.



Aunque no poseían dicha información, los vecinos interpretaron el ambiente a partir de los cambios observables en cada uno de los cuerpos de agua. Según describieron, el arroyo Morón, el de mayor caudal de los tres, era el que se encontraba en peores condiciones, basándose en la percepción directa de olor putrefacto permanente y en la cantidad de residuos sólidos observables sobre los márgenes. A su vez, de los dos arroyos afluentes al mismo, el Céspedes era el de menor caudal y peor condición. Proveniente del centro de la localidad de Palomar, describieron que dicho arroyo solía presentar mal olor y sedimentos en el fondo de coloración verde-turquesa. Finalmente, el arroyo Corvalán fue evaluado por los vecinos como el más saludable, de aguas cristalinas, sin mal olor y mayor presencia de biodiversidad: incluyendo aves asociadas a humedales, como garcitas blancas (*Egretta thula*) y cuervillos de cara pelada (*Phimosus infuscatus*), entre otras, y peces, como madrecitas (*Cnesterodon decenmaculatus*), limpiafondos (*Corydoras sp.*) y tarariras (*Hoplias malabaricus*). El principal problema visibilizado en este último arroyo fue la acumulación de residuos sólidos urbanos.

Estas observaciones de campo motivaron la reflexión acerca de la importancia social y las funciones ecológicas que cumplían los humedales como Isla Verde, reteniendo contaminantes y amortiguando el desbordamiento de los arroyos de la zona (Fernández, 2007).

### Subetapa D2. Experiencia junto a Unidos por el Río

En la costa del Río de la Plata se decidió tomar muestras de un arroyo y un conducto pluvial. El recorrido fue guiado por miembros de la asamblea Unidos por el Río. Se tomaron cuatro muestras a lo largo de 1.000 m de recorrido a cielo abierto del arroyo Raggio y dos muestras al inicio y al final de los





200 m del conducto pluvial que desagua a la altura de la calle Laprida (véase punto 2 de la figura II). Los puntos de muestreo fueron propuestos por los vecinos basándose en su conocimiento ambiental del territorio y en su preocupación por los frecuentes cambios en la coloración del pluvial Laprida. La aparición de un rojo intenso en este curso de agua fue atribuida a descargas ilegales de la industria textil, según información de fuentes oficiales que, sin embargo, no aportaron la ubicación de la empresa responsable (Unidos por el Río, 2018). La coloración roja fue observada durante la salida de campo. Por otro lado, el estudio del arroyo Raggio debió su interés a ser el único curso de agua de origen natural de la zona. Presenta aguas cristalinas y abundante biodiversidad rioplatense. Para la comunidad se trata de un arroyo icónico que, desde 2016, es defendido de intentos de destrucción a manos de emprendimientos inmobiliarios (Agencia para la Libertad, 2016). Una orden judicial detuvo las intervenciones y ordenó su restauración ambiental. A pesar de estos logros, se constató que el acceso a una gran porción del arroyo se encontraba restringido de forma ilegal. Esto dificultó el acceso para la toma de muestras. Por otro lado, en el tramo medio del arroyo se percibió un intenso olor nauseabundo proveniente de un afluente sobre la margen sur del arroyo. Toda esta información fue registrada por los estudiantes en notas y fotografías, que luego sistematizaron con su docente en el aula.

Las salidas proporcionaron a los estudiantes una experiencia educativa fuera del edificio escolar y, para las organizaciones locales, se convirtieron en una oportunidad de compartir su experiencia como institución, su participación en conflictos ambientales y la construcción de saberes ambientales vinculados al agua en el territorio. Estos circularon en un diálogo horizontal con los conocimientos académicos. Según Leff (2011), la construcción de saber ambiental se produce a través del diálogo de saberes, en el que las disciplinas académicas dialogan con saberes campesinos, indígenas y populares. A su vez, el abordaje puede enmarcarse en la pedagogía del conflicto ambiental (Canciani *et al.*, 2017; Iribarren, Guerrero *et al.*, 2021), tomando como base las prácticas comprometidas entre universidad, escuela y organizaciones del territorio. El resultado del encuentro entre docentes comprometidos, la lucha de las asambleas ambientales, como actores relevantes del territorio, y la elección epistemológica del grupo CoSensores de orientarse por la IAP (Fals Borda, 1979) se esperaba que contribuyera a la construcción de saber ambiental.

Respecto de los estudiantes, la docente Alba compartió que, «con lo que más se entusiasmaron, sin duda, fueron las salidas. En ese momento se había producido una marea roja que salía de un efluente y creo que, al ver los efluentes, al ver el río, [...], uno se va imaginando qué pasa cuando abre la canilla [...] y después es en un sumidero donde termina todo, luego de lavarse los dientes [...] es ahí cuando uno toma conciencia de que todo eso va a algún lado y no desaparece por sí solo, es decir, que tiene un impacto en el ambiente [...]. Les gustó llegar a la orilla y cruzar el alambrado, ya que pensaban que no se podía. Y, justamente, lo que no se podía es lo contrario, prohibir y poner el alambrado y poner la pared, bueno, todo eso los entusiasmó mucho».

Estas escenas evocadas por la docente recuerdan al enfoque de «aprender ciencias en y para la comunidad» de Roth (2002), quien afirma que, «a través de esta participación en actividades cotidianas, los jóvenes (sujeto) contribuyen y cambian su comunidad mientras son estudiantes. Ellos reproducen su comunidad y también la producen de nuevas maneras. Participan en formas periféricas legítimas, en dar forma a las condiciones de vida de su comunidad. Las acciones de los estudiantes son auténticas no porque "se parecen" a la práctica cotidiana, sino porque "forman parte de la práctica cotidiana"» (p. 198).





### Etapa E. Taller de análisis de las muestras

El encuentro se realizó en la EEST4 con estudiantes de ambas escuelas. Se comenzó mapeando colectivamente los puntos de muestreo, recuperando la caracterización de las problemáticas y de los conflictos ambientales aportada por las organizaciones durante la salida de campo y volcando las observaciones realizadas en aquella jornada. Posteriormente, se introdujeron algunos fundamentos en torno a las herramientas libres que se iban a utilizar (véase cuadro II): el bioensayo de toxicidad en agua basado en microalgas y el colorímetro de bajo costo. Además, por iniciativa de la EEST4 y sus estudiantes, se realizaron medidas de pH y conductividad con equipamiento disponible en la escuela (véase cuadro II).

Posteriormente, se configuraron grupos en estaciones de trabajo por tareas, coordinados por estudiantes universitarios formados en la primera etapa de la experiencia (véase figura I).

Así se garantizó que todos pudieran participar en la construcción de los dispositivos para realizar el bioensayo y en la aplicación de todas las herramientas ya mencionadas. Durante la jornada, se volcaron las mediciones fisicoquímicas obtenidas en un cuadro que se pintó en la pizarra. Como cierre, los dispositivos se colocaron en una incubadora de construcción casera dando inicio al bioensayo. La incubadora permaneció en la escuela, supervisada por los alumnos durante cuatro días, con luz constante.

### Etapa F. Puesta en común, análisis de los resultados y elaboración de conclusiones

A la siguiente semana se realizó un segundo encuentro en cada una de las escuelas para analizar los resultados del bioensayo. En primera instancia, se formaron grupos y se comparó a simple vista el crecimiento del alga en los dispositivos para cada muestra. Usando como referencia una curva de calibración del crecimiento de las microalgas, se estableció una escala de crecimiento según coloración a ojo desnudo, asignándole un valor dentro de esa escala a todos los dispositivos de cada una de las muestras.

Para realizar el análisis cuantitativo se tomaron fotos con un teléfono móvil que luego se analizaron con los ordenadores provistos en las escuelas por el programa Conectar Igualdad, a los que previamente se les instaló el programa Image J para procesarlas con el *plugin* ReadPlate (<https://imagej.nih.gov/ij/plugins/readplate/index.html>). Los alumnos realizaron esta tarea con facilidad, a pesar de tratarse de un programa de uso profesional y no de uno desarrollado con fines didácticos. De este modo, pudieron extraer los valores indicativos del crecimiento del alga analizando los canales digitales de color RGB (*red*, *green*, *blue* [rojo, verde, azul]).

Las dificultades surgieron a la hora de interpretar la información obtenida y decidir cuál de los tres canales daba información relevante sobre el crecimiento del alga. La propuesta original consistió en utilizar un programa de planillas de cálculo para realizar promedios de los valores obtenidos y gráficos que facilitarían la comparación de los mismos para las diferentes muestras. Sin embargo, el intento de utilización de ordenadores para este análisis fue improductivo debido a fallas en los dispositivos y se optó por utilizar la pizarra.



Figura III. Mapas con puntos de muestreo donde se representan los porcentajes del crecimiento de microalgas en el bioensayo según referencias de color



**Nota.** Mapa superior (cuenca media del río Reconquista y confluencia con arroyo Morón). Mapa inferior (arroyo Raggio y pluvial de la calle Laprida).

Fuente: elaboración propia. Mapas: ©OpenStreetMap.



Desde allí, se aproximaron los valores medios de cada muestra para corroborar de modo cuantitativo las observaciones hechas previamente con la escala colorimétrica a ojo desnudo. Según la docente Alba, «el desarrollo de los datos, los resultados, es un tema muy importante en la ciencia. Primero, conseguir los datos y, después, lo que se llama el "tratamiento de los datos". Y, para eso, usamos un programa. Por suerte, en la escuela había *netbooks*. Todavía las tenemos. En 2017 trajeron *netbooks* nuevas. [...] Hicimos el análisis de la foto y los participantes llegaron a entender el programa y el tema del RGB, que es algo absolutamente abstracto. Pero no solo lo comprendieron, sino que, además, llegaron a hacer tangible toda la práctica. [...] Creo que esto les hizo sentir muy bien y que comprendieron el programa también muy bien. No todos, pero es lo que sucede siempre. Algunos no prestaron atención, supongo que porque no lo entendieron bien. Pero los que sí lo entendieron, manejaron el programa muy bien. Los recursos novedosos son atractivos para los estudiantes y, además, los comprenden perfectamente». Estas reflexiones de la docente dan cuenta, por un lado, de la rápida apropiación de las TIC por gran parte del grupo a partir de una experiencia con un sentido muy real y tangible. Por otro lado, también recuerdan las palabras de Roth (2002):

Pronto me di cuenta de que pedir a todos los estudiantes que midieran series de variables y representaran correlaciones en gráficos cartesianos o histogramas excluía a grupos particulares de estudiantes. [...] a pesar de que estos grupos participaban en la recolección de datos, los posteriores análisis de estos y las actividades enfocadas en las representaciones matemáticas no los convocaban (p. 206).

A partir de esta experiencia, Roth cuenta que comenzó a apoyar a los estudiantes en la elección de sus propias formas de representación de los datos, lo cual hizo proliferar descripciones en audio, vídeo, dibujos, y permitió la participación creciente de los alumnos. Esta orientación didáctica nos permitirá realizar ajustes para futuras experiencias.

Una vez incorporados en la pizarra los valores obtenidos con las distintas herramientas, se comparó entre sí cada parámetro en los diferentes sitios y se buscaron en conjunto (entre estudiantes, docentes e integrantes del grupo CoSensores) posibles tendencias y correlaciones en los datos tabulados (véase cuadro II).

**Cuadro II. Valores para la determinación del pH, la conductividad, la concentración de fosfatos y nitratos y el porcentaje de inhibición del crecimiento del alga en el bioensayo**

Zona	Sitio	N-NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> (ppm)	P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (ppm)	pH	C (us/cm)	Biosensor (% inhibición)
Costa Río de la Plata	Raggio 2	1,90	5,20	7,20	690	37,50
	Raggio 1	nd	nd	nd	nd	49,60



Zona	Sitio	N-NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> (ppm)	P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (ppm)	pH	C (us/cm)	Biosensor (% inhibición)
Costa Río de la Plata (cont.)	Raggio 3	nd	nd	nd	nd	55,90
	Río de la Plata (Raggio)	7,90	3,70	7,43	340	55,40
	Río de la Plata (Laprida)	nd	nd	nd	nd	54
	Laprida	7,60	5	7,36	596	50,30
Cuenca río Reconquista	Dique Rogero	7,20	4,30	6,80	694	68,30
	Ruta 8	18,60	4,50	6,72	900	6,40
	Morón	12,10	7,50	6,92	726	19,30
	Corvalán	11,70	5,80	7,20	852	46,70
	Céspedes	13,10	6,30	7,15	880	32,70

**Nota.** En las celdas marcadas con *nd* no se obtuvo el dato.

**Fuente:** elaboración propia.

Por último, se elaboraron hipótesis para explicar tendencias y correlaciones entre los datos, considerando los saberes locales puestos en relevancia durante las salidas de campo y aquellos aportados por los actores locales presentes en la actividad.

Esta última etapa fue un proceso complejo, de intenso diálogo, muy rico, en el que los alumnos compartieron sus opiniones y fueron llegando a acuerdos, que no fueron lineales, sino que requirieron de avances y retrocesos, ramificaciones y momentos de confusión e incertidumbre. Muchas de las discusiones en torno a la interpretación de los resultados obtenidos tuvieron que ser retomadas posteriormente e incluso algunas quedaron abiertas.

Entre las tendencias encontradas en los datos, después de la discusión durante el segundo encuentro, destacaron:

- Los valores más altos de conductividad y concentración de nitratos corresponden a la cuenca del río Reconquista, exceptuando la muestra del dique Rogero (zona de mejor estado ambiental de la cuenca).

- Los valores más altos de concentración de fosfatos también corresponden a la cuenca del río Reconquista, particularmente a los arroyos Morón, Corvalán y Céspedes. En las muestras de la zona del Río de la Plata, los valores de concentración en el arroyo y el pluvial son más altos que los de las aguas abiertas.
- Los resultados, aplicando el bioensayo, indican que los sitios de mayor inhibición del crecimiento del alga corresponden al dique Roggero y a las muestras de la zona del Río de la Plata. En el caso de la zona del Río de la Plata se observó menor inhibición en el pluvial Laprida y, sobre todo, en uno de los puntos del arroyo Raggio respecto al Río de la Plata. En la cuenca del río Reconquista, en el arroyo Morón y en la ruta 8, los porcentajes de inhibición fueron los más bajos.

A partir del análisis de las determinaciones realizadas y de la información aportada por las organizaciones, pudieron elaborarse hipótesis y reconocer posibles fuentes de contaminación. Si bien el número de muestras, la frecuencia de muestreo y el número de parámetros analizados fueron insuficientes para ser concluyentes, los valores obtenidos para los diferentes parámetros fisicoquímicos corroboraron los valores publicados en trabajos previos en la zona.

La misma concordancia se observó para los patrones de inhibición del crecimiento de algas en bioensayos similares al aplicado en esta experiencia (Loez *et al.*, 1995, 1998; Menéndez *et al.*, 2011; Olguin *et al.*, 2000, 2004). Como observación general se corroboró que los valores más elevados para los parámetros fisicoquímicos estudiados tendían a coincidir con los valores de menor inhibición en el crecimiento de las algas, algo que se ha registrado en experiencias previas del grupo CoSensores (Poveda Ducón, Vega *et al.*, 2021). Estos sitios se correspondían con aquellos cuerpos de agua reconocidos por las organizaciones y por los alumnos en las visitas, como las fuentes de agua más impactadas por la descarga de contaminantes.

En algunos casos, la alta carga de materia orgánica en zonas urbanas e industriales podía ayudar al crecimiento del alga en el bioensayo en dispositivos. Fue el caso del arroyo Morón y Céspedes de la cuenca del río Reconquista o del pluvial Laprida en la costa de Vicente López. Asimismo, en ambos territorios, los datos obtenidos corroboraron el reconocimiento que los vecinos hicieron del menor impacto en el arroyo Corvalán y en el arroyo Raggio, respectivamente. En particular, sobre este último, se pudo observar la alteración de los diferentes parámetros, producto de una fuente puntual de contaminación, como fue la descarga del efluente registrado durante la visita (muestra tomada en el arroyo Raggio [véase mapa inferior de la figura III]).

Al finalizar las etapas del proceso, se realizó un balance de la experiencia, tomando como punto de partida las conclusiones de la docente participante en la investigación.

Como balance final, Alba destacó que «el mayor problema que hay en esta escuela con respecto a los alumnos, y en bastantes escuelas de la periferia de la ciudad, es que los jóvenes no asisten a clase o asisten muy poco, o llegan tarde, se marchan durante las primeras horas, etc. Es decir, hay falta de interés en la escuela. ¿Y por qué ocurre esto? Porque lo que aprenden en la escuela es un método de cómo estudiar, de cómo ser ordenado, etc.

Les dicen cómo lograr algo, ellos lo aprenden, luego les evalúan y así van demostrando lo que van consiguiendo, lo que van aprendiendo, las diferentes destrezas. Lo cual no es poco, porque uno de los fines más importantes de la escuela es aprender a estudiar. Pero lo cierto es que esto no les convence lo suficiente».

Según asegura la docente, «lo que se consiguió con esta práctica, y con todo lo que conllevó a su alrededor, es desestructurar todo lo anterior. Aunque los estudiantes no estén haciendo lo que habitualmente se suele realizar en la escuela, igualmente están aprendiendo, porque en la práctica se ponía sobre la mesa de discusión lo que los estudiantes estaban haciendo, por qué se hacía, cómo se continuaba trabajando, etc., y esto llevaba a desarrollar otras habilidades diferentes. Esta experiencia fue muy importante para ellos».

Las palabras de esta profesora encierran una gran complejidad. Por un lado, aludían a la problemática del absentismo en la escuela secundaria bonaerense, cuestión que es objeto de análisis permanente e intenso debate público en Argentina (Rosli y Carlino, 2015; Terigi, 2009). Entre las causas, la docente comentaba que la propuesta escolar orientada a la formación propedéutica era la hegemónica y que no convenía a los alumnos.

Por otro lado, y en contraposición a la idea anterior, la experiencia en la que hacemos hincapié en este trabajo ejemplificaba para ella una forma de desestructurar lo que algunos autores llaman la «gramática escolar» (Elías, 2015). Como fuentes de esta desestructuración y puesta en común de una forma de enseñanza alternativa que condujo a desarrollar otras habilidades diferentes, la docente se centralizó en la universidad (grupo CoSensores), ya que el proyecto fue iniciado desde este espacio institucional, pero también en todo lo que surgió alrededor del mismo.

A nuestro criterio, la mayor desestructuración proviene del aspecto vivencial de la propuesta, de caminar y adentrarse en el territorio, de la presencia de las organizaciones socioambientales que ampliaron las fuentes de saber que la escuela valida y legítima. Una escuela así orientada, donde, como explicaba Alba, «poníamos en la mesa de discusión qué se hacía», permite producir socialmente de forma ampliada y democrática la comprensión de lo que se enseña y se aprende:

[...] una escuela que, a la vez que continúa siendo un tiempo-espacio de producción de conocimiento en el que se enseña y en el que se aprende, también abarca el enseñar y aprender de un modo diferente. Una escuela en la que enseñar ya no puede ser ese esfuerzo de transmisión del llamado «saber acumulado» que se hace de una generación a la otra, y el aprender no puede ser la pura recepción del objeto o el contenido transferidos. Por el contrario, girando alrededor de la comprensión del mundo, de los objetos, de la creación, de la belleza, de la exactitud científica, del sentido común, el enseñar y el aprender también giran alrededor de la producción de esa comprensión [...] (Freire, 2006, p. 20).

## 5. Conclusiones

Retomamos aquí las preguntas que guiaron la sistematización de la experiencia:

- ¿Qué sentidos críticos podrá adquirir la integración de las TIC con la educación ambiental en la articulación de escuelas públicas de nivel secundario del Área Metropolitana de Buenos Aires (Argentina) con universidades públicas y organizaciones sociales?
- ¿Qué pueden aportar las herramientas elaboradas por el grupo CoSensores en barrios afectados por la contaminación ambiental?
- ¿Qué roles pueden tener las organizaciones socioambientales locales en este tipo de actividades?

Respecto al objetivo «Conocer los sentidos críticos que puede adquirir el cruce entre las TIC y la educación ambiental», planteado al inicio del artículo, a la luz de lo expuesto por los docentes y por la involucración en las propuestas de parte del estudiantado, entendemos que, en estos contextos educativos, el cruce de la educación ambiental y las TIC puede ser muy fructífero en la producción de sentidos críticos cuando se articula con conflictos ambientales auténticos de la comunidad. Esto se relaciona directamente con el objetivo «Caracterizar el aporte de las herramientas elaboradas por el grupo CoSensores», ya que, retomando la tipología de niveles de apropiación tecnológica de Gendler *et al.*, (2018), otro de los sentidos críticos que adquirió la experiencia fue a través de involucrar a docentes y estudiantes en el uso de una creación tecnológica de tipo activista, con fines de acción colectiva e intervención social desarrollada por el grupo CoSensores.

Frente a la predominancia de actividades pedagógicas que únicamente promueven una apropiación adoptada o reproductiva de las TIC, el enfoque propuesto vinculó a docentes y estudiantes con uno de los niveles de máxima criticidad en términos de la apropiación social de tecnologías. Todo esto se correlaciona con el balance de la docente respecto a todo lo que conllevó alrededor, al abrirse nuevos espacios de aprendizaje y posibilidades para la construcción de pensamiento crítico a partir de la interacción entre los estudiantes con la tecnología y la naturaleza en un contexto de conflicto ambiental.

Entendemos que los mencionados sentidos críticos que subyacen al uso del bioensayo y de las TIC de desarrollo libre se potenciaron al estar enfocados pedagógicamente desde la educación popular. La articulación de estos desarrollos tecnológicos con organizaciones como Isla Verde y Unidos por el Río expresa la concreción de lo que Mejía (2013) llama la «agenda crítica de las TIC pensadas desde la educación popular». Retomando la tradición pedagógica crítica latinoamericana, entendemos que, a través de este tipo de experiencias, se pueden ensayar, desde la escuela, modos «convivenciales» de uso de tecnologías (Illich, 1978).

Respecto del objetivo «Indagar acerca del rol que tienen las organizaciones socioambientales en este tipo de experiencias», la articulación con organizaciones sociales involucradas en conflictos ambientales es una de las premisas de las pedagogías del conflicto ambiental y, en este trabajo, se pusieron en evidencia sus aportes a la contextualización y codefinición de prácticas de enseñanza en torno a campos disciplinares como la química y las TIC, respectivamente. El diálogo de saberes entre disciplinas científicas y saberes populares construidos en luchas populares por la justicia ambiental permite el aporte de miradas críticas respecto a los problemas ambientales locales. Esto construye saber ambiental en docentes y estudiantes acerca del territorio de forma participativa.

Desde nuestra perspectiva vinculada a posicionamientos críticos de la educación en ciencias naturales, ambiente y salud, el enfoque CTS, el trabajo por proyectos y la inclusión de salidas de campo resultaron potentes estrategias didácticas para que los estudiantes vivieran la experiencia de «aprender ciencias para y en la comunidad» (Roth, 2002). En el caso de los actores locales, supuso la oportunidad de compartir su experiencia de organización y saberes vinculados a la problemática del agua, jerarquizándolos frente a los conocimientos académicos. Todo esto contribuye a descolonizar miradas y deconstruir las jerarquías opresoras de saber-poder que expresa tradicionalmente la academia y la escuela en torno al conocimiento científico, resignificando los roles de alumnos, docentes y personas de la comunidad (Dumrauf *et al.*, 2019).

## Referencias bibliográficas

- Agencia para la Libertad. (2016). *El Arroyo Raggio es del pueblo, no de la Policía Federal*. <https://agenciaparalalibertad.org/el-arroyo-raggio-es-del-pueblo-no-de-la-policia-fe>
- Barragán Cordero, D. y Torres Carrillo, A. (2017). *La sistematización como investigación interpretativa crítica*. Editorial El Búho.
- Cabero Almenara, J. y Marín Díaz, V. (2013). Percepciones de los estudiantes universitarios latinoamericanos sobre las redes sociales y el trabajo en grupo. *RUSC. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 10(2), 219-235.
- Cabero-Almenara, J. y Marín-Díaz, V. (2014). Posibilidades educativas de las redes sociales y el trabajo en grupo. Percepciones de los alumnos universitarios. *Comunicar. Revista Científica de Comunicación y Educación*, 21(42), 165-172.
- Canciani, M.<sup>a</sup> L., Telías, A. y Sessano, P. (2017). *Problemas y desafíos de la educación ambiental: un abordaje en 12 lecciones*. Ediciones Novedades Educativas.
- Castells, M. (1999). *La era de la información: economía, sociedad y cultural*. Alianza Editorial.
- D'Atri, A. M. (2017). Gabriela Merlinsky (Comp.). (2016). *Cartografías del conflicto ambiental en Argentina 2*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones CICCUS, 384 páginas. *Anuario de la Facultad de Ciencias Humanas*, 14(14), 121-124.
- Dumrauf, A., Cordero S., Cucalón Tirado, P., Guerrero Tamayo, K. y Garelli, F. M. (2019). Hacia nuevos territorios epistémicos: aportes desde un camino de construcción pedagógica descolonizadora en educación en ciencias naturales, ambiental y en salud. En

- B. A. P. Monteiro, D. S. A. Dutra, S. Cassiani, C. Sánchez y R. D. V. L. Oliveira (Orgs.), *Decolonialidade na Educação em Ciências* (pp. 287-306). Livraria da Física.
- Dumrauf, A. G., Cordero, S. y Mengascini, A. S. (2013). *De docentes para docentes: experiencias innovadoras en ciencias naturales en la escuela pública*. El Colectivo.
- Dumrauf, A. y Mengascini, A. (2008). Los movimientos sociales en América Latina. Pasado, presente y perspectivas. *Memorias de las Jornadas de Problemas Latinoamericanos* (pp. 1.732-1.739).
- Elías, M.<sup>a</sup> E. (2015). La cultura escolar: aproximación a un concepto complejo. *Revista Electrónica Educare*, 19(2), 285-301.
- Fals Borda, O. (1979). El problema de cómo investigar la realidad para transformarla. *Crítica y política en ciencias sociales: el debate sobre teoría y práctica*. Punta de Lanza.
- Fernández, L. (2007). *Servicios ecológicos en humedales, el caso de Tigre, Buenos Aires*. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2007/c/317/>
- Freire, P. (1996). *Política y educación*. Siglo XXI Editores.
- Freire, P. (2006). *Cartas a quien pretende enseñar*. Siglo XXI Editores.
- Freire, P. (2012). *Pedagogía de la indignación: cartas pedagógicas en un mundo revuelto*. Siglo XXI Editores.
- Gendler, M. A., Méndez, A., Samaniego, F. y Amado, S. (2018). Uso, apropiación, cooptación y creación: pensando nuevas herramientas para el abordaje de la apropiación social de tecnologías. En S. Lago Martínez, A. Álvarez, M. Gendler y A. Méndez (Eds.), *Acerca de la apropiación de tecnologías: teoría, estudios y debates* (pp. 49-60). Ediciones del Gato Gris/Red de Investigadores sobre Apropiación de Tecnologías/Instituto de Investigación Gino Germani/Facultad de Ciencias Sociales Universidad de Buenos Aires.
- Hsu, Y.-C. y Ching, Y.-H. (2013). Mobile computer-supported collaborative learning: a review of experimental research. *British Journal of Educational Technology*, 44(5).
- Illich, I. (1978). *La convivencialidad*. Virus.
- Iribarren, L., Guerrero Tamayo, K., Garelli, F. y Dumrauf, A. (2021). Pedagogías del conflicto ambiental: aportes desde una experiencia participativa de formación docente en un territorio en disputa. *Praxis Educativa*, 26(1), 1-24.
- Iribarren, L., Seoane, C., Cucci, G., Pitton, M.<sup>a</sup>, Corbetta, C., González Villanueva, A. y Naumec, C. (2021). Dispositivos de formación docente en educación ambiental antes y durante la pandemia en el AMBA, experiencias interdisciplinarias basadas en conflictos ambientales. Conflictos por el agua. *Revista de Educación en Biología*, 3(núm. extra), 666-668.
- Lanzarotti, E. O., Cuesta, G., Factorovich, M. H., Kucher, H., Prudkin Silva, C. R., Lichtig, P., Boron, C. I., Álvarez, L., Urdampilleta, C. M.<sup>a</sup>, Vallerga, M.<sup>a</sup> B., Romero, J. M., Piegari, E., Morzan, U., Groot, G. S. de, Sivan Baglietto, B., Poveda Ducón, K. Y. e Ithuralde, R. E. (2016). Tierra y agrotóxicos: un enfoque co-productivo en problemáticas socioambientales. *Cambios y Permanencias*, 7, 181-219.
- Leff, E. (2011). Diálogo saberes, saberes locales y racionalidad ambiental. En A. Argueta Villamar, E. Corona-M. y P. Hersch (Coords.), *Saberes colectivos y diálogo de saberes en México* (pp. 379-392). Universidad Autónoma Nacional de México.
- Lessig, L. (2005). *Cultura libre: cómo los grandes medios están usando la tecnología y las leyes para encerrar la cultura y controlar la creatividad*. LOM Ediciones.
- Loez, C. R., Salibián, A. y Topalián, M. L. (1998). Associations phytoplanktoniques indicatrices de la pollution par le zinc. *Revue des Sciences de l'Eau*, 11(3), 315-332.
- Loez, C. R., Topalián, M. L. y Salibián, A. (1995). Effects of zinc on the structure and growth dynamics of a natural freshwater phytoplankton assemblage reared in the laboratory. *Environmental Pollution*, 88(3), 275-281.

- Machado Aráoz, H. A. C. (2017). «América Latina» y la Ecología Política del Sur. Luchas de existencia, revolución epistémica y migración civilizatoria. En H. Alimonda, C. Toro Pérez y F. Martín (Coords.), *Ecología política latinoamericana: pensamiento crítico, diferencia latinoamericana y rearticulación epistémica*. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
- Massarini, A. (2011). El enfoque CTS para la enseñanza de las ciencias: una clave para la democratización del conocimiento científico y tecnológico. *Voces en el Fénix*, 2(8), 14-18.
- Mejía, M. R. (2013). La educación popular con y desde las NTIC. En L. Cendales, M. R. Mejía y J. Muñoz (Eds.), *Entretejidos de la educación popular en Colombia* (pp. 185-222). Ediciones Desdeabajo/CEAAL.
- Menéndez, A. N., Lopolito, M.<sup>a</sup> F. y Badano, N. D. (2011). *Evaluación de la calidad del agua en la franja costera sur del Río de la Plata mediante modelación numérica*. Proyecto INA 1.207/Informe LHA 02-1.207-11/Ezeiza. Instituto Nacional del Agua. Subsecretaría de Recursos Hídricos. Secretaría de Obras Públicas. República Argentina.
- Merlinsky, M.<sup>a</sup> G. (2018). Justicia ambiental y políticas de reconocimiento en Buenos Aires. *Perfiles Latinoamericanos*, 26(51), 241-263.
- Neüman, M.<sup>a</sup> I. (2008). Construcción de la categoría «apropiación social». *Quorum Académico*, 5(2), 67-98.
- Olguín, H. F., Puig, A., Loez, C. R., Salibián, A., Topalián, M. L., Castañé, P. M. y Rovedatti, M.<sup>a</sup> G. (2004). An integration of water physicochemistry, algal bioassays, phytoplankton, and zooplankton for ecotoxicological assessment in a highly polluted lowland river. *Water, Air, and Soil Pollution*, 155(1-4), 355-381.
- Olguín, H. F., Salibián, A. y Puig, A. (2000). Comparative sensitivity of «Scenedesmus acutus» and «Chlorella pyrenoidosa» as sentinel organisms for aquatic ecotoxicity assessment: studies on a highly polluted urban river. *Environmental Toxicology*, 15(1), 14-22.
- Orion, N. (1993). A model for the development and implementation of field trips as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 93, 325-331.
- Pintos, P. y Narodowski, P. (Coords.). (2012). *La privatopía sacrilega: efectos del urbanismo privado en humedales de la cuenca baja del río Luján*. Memoria Académica.
- Poveda Ducón, K., Vega, D., Piegari, E., Borón, I. y Juárez, A. (2021). Caracterización de un bioensayo para evaluar de forma participativa, niveles de toxicidad en aguas superficiales y subterráneas en Saladillo (Provincia de Buenos Aires) (Tesis de grado). Universidad de Buenos Aires.
- Prudkin Silva, C., Lanzarotti, E., Álvarez, L., Vallerga, M. B., Factorovich, M., Morzan, U. N., Gómez, M. P., González, N. P., Acosta, Y. M., Carrizo, F., Carrizo, E., Galeano, S., Lagorio, M. G., Juárez, A. B., Ithuralde, R. E., Romero, J. M. y Urdampilleta, C. M. (2021). A cost-effective algae-based biosensor for water quality analysis: development and testing in collaboration with peasant communities. *Environmental Technology & Innovation*, 22, 1-13.
- Ramos Marcillas, L. y Rodríguez Ruibal, A. (2017). Trabajo colaborativo y software social: apreciaciones de los estudiantes universitarios alicantinos respecto al trabajo colaborativo mediante el software social. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 6, 103-128. <https://doi.org/10.51302/tce.2017.118>
- Ricca, C., Dubois, D. y Lara Corro, E. S. (2019). Escuelas fumigadas: ganancias a corto plazo vs. derechos de la niñez y juventud. *III Congreso Latinoamericano de Teoría Social «Desafíos Contemporáneos de la Teoría Social»*. Universidad de Buenos Aires.
- Rosli, N. y Carlino, P. (2015). Acciones institucionales y vinculares que favorecen la permanencia escolar de alumnos de sectores socioeconómicos desfavorecidos. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 41(1), 257-274.
- Roth, W.-M. (2002). Aprender ciencias en y para la comunidad. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 20(2), 195-208.

- Terigi, F. (2009). *Las trayectorias escolares: del problema individual al desafío de política educativa*. Ministerio de Educación. Presidencia de la Nación/Organización de los Estados Americanos.
- Torres, M. (2019). ¿Innovan las innovaciones? Un análisis de conectar igualdad y aprender conectados. *Hipertextos*, 7(12), 120-138.
- Unidos por el Río. (2018). *Las aguas bajan rojas*. <https://unidosporelrio-vl.blogspot.com/2018/10/las-aguas-bajan-rojas.html>
- Valderrama, C. E. (2008). Movimientos sociales: TIC y prácticas políticas. *Nómadas*, 28, 94-101.
- Viale, E. (2017). Extractivismo urbano. En A. M.<sup>a</sup> Vázquez Duplat (Comp.), *Extractivismo urbano: debates para una construcción colectiva de las ciudades* (pp. 15-19). Editorial El Colectivo/CEAPI/Fundación Rosa Luxemburgo.
- Voudouris, K. (2012). *Ecological Water Quality: Water Treatment and Reuse*. IntechOpen.
- Yanucci, F. D. (2018). *Autogestión en el aprendizaje ambiental. La experiencia del bosque urbano en la UNSAM. Educación, autogestión y territorio: tres aspectos significantes en la comunicación ambiental* (Tesis de licenciatura). Universidad de Buenos Aires.

**Kevin Poveda Ducón.** Licenciado en Ciencias Ambientales por la Universidad de Buenos Aires (Argentina). Becario doctoral en Ciencias Ambientales del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas/Universidad Nacional de San Martín (Argentina).

**Estefanía Piegari.** Licenciada y doctora en Ciencias Físicas de la Universidad de Buenos Aires (Argentina). En 2022, ingresó en el Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental como investigadora asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas para desarrollar e implementar modelos cuantitativos que permitan monitorear a escala regional el estado de la salud/degradación de humedales de la región pampeana (Buenos Aires) utilizando observaciones hiperespectrales. Colabora en proyectos vinculados a problemáticas ambientales junto a comunidades organizadas desde 2013.

**Ignacio Boron.** Licenciado en Ciencias Biológicas y doctor en Química por la Universidad de Buenos Aires (Argentina). Investigador asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Especialista en el desarrollo de tecnologías de bajo costo para el monitoreo *in situ* de contaminantes emergentes, combinando materiales avanzados y módulos biológicos junto con herramientas de la espectroscopia y electroquímica. Ha publicado en revistas internacionales, ha expuesto en congresos y ha participado en proyectos de ciencia participativa junto a comunidades organizadas en torno a diversas problemáticas territoriales.

**Luciano Iribarren.** Miembro del Grupo de Didáctica de las Ciencias del Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas/Universidad Nacional de La Plata (Argentina). Ha trabajado como formador en Ciencias Naturales y Educación Ambiental Integral en la formación docente continua dentro de la Dirección de Formación Docente Permanente/Dirección General de Cultura y Educación (Buenos Aires, Argentina). Líneas de investigación: educación en ciencias naturales, educación popular y educación ambiental.

**Contribución de autores:** Trabajo de campo: K. P. D., E. P. e I. B.; Análisis de la experiencia: K. P. D., E. P., I. B. y L. I.; Redacción del artículo: K. P. D., E. P., I. B. y L. I.

# «Con la Lengua Fuera». Proyecto de innovación digital para el aula virtual de Lengua Española

**Carolina Arrieta Castillo** (autora de contacto)

*Profesora contratada doctora en el Departamento de Comunicación de la Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA (España)*

[carolina.arrieta@udima.es](mailto:carolina.arrieta@udima.es) | <https://orcid.org/0000-0002-5734-132X>

**Alicia Onieva Lupiáñez**

*Profesora colaboradora en el Máster Universitario en Educación y Recursos Digitales (Elearning) de la Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA (España)*

[alicia.onieva@udima.es](mailto:alicia.onieva@udima.es) | <https://orcid.org/0000-0002-0433-7263>

## Extracto

Aunque los contenidos lingüísticos son claves en todos los grados de la rama de Comunicación, algunos datos académicos de la asignatura Lengua Española –en los grados de Periodismo y Publicidad y Relaciones Públicas de la Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA– indicaron un desapego constante de los estudiantes (hombres y mujeres) hacia la materia destinada a trabajar estos conceptos. Un ejemplo de ello es que más del 60 % del alumnado no se presentó al examen final de la asignatura durante el primer semestre del curso académico 2019-2020.

Con la voluntad de mejorar el compromiso del alumnado con la asignatura, se elaboró «Con la Lengua Fuera», un proyecto de innovación digital que pretendía activar la motivación de los estudiantes de los grados hacia los contenidos presentes en Lengua Española. El proyecto consistió en el diseño de una dinámica en la que se utilizaron estrategias de gamificación (como narrativa en primera persona, lenguaje multimedia y juego por niveles) en un formato Breakout EDU. El videojuego educativo se diseñó como tres actividades para trabajar contenidos tanto teóricos como procedimentales relacionados con la Lengua Española en un aula virtual del entorno Moodle. En este artículo se describe el marco en el que se llevó a cabo el proyecto de innovación y los pasos que se siguieron en su diseño e implementación en el aula.

**Palabras clave:** innovación educativa; gamificación; videojuego educativo; Lengua Española; Breakout EDU; motivación; aprendizaje *online*.

Recibido: 16-02-2022 | Aceptado: 07-09-2022 | Publicado: 06-05-2024

**Cómo citar:** Arrieta Castillo, C. y Onieva Lupiáñez, A. (2024). «Con la Lengua Fuera». Proyecto de innovación digital para el aula virtual de Lengua Española. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 191-208. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.868>

# «Con la Lengua Fuera». A digital innovation project for the virtual classroom of Spanish Language

**Carolina Arrieta Castillo** (corresponding author)

*Profesora contratada doctora en el Departamento de Comunicación de la Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA (España)*

[carolina.arrieta@udima.es](mailto:carolina.arrieta@udima.es) | <https://orcid.org/0000-0002-5734-132X>

**Alicia Onieva Lupiáñez**

*Profesora colaboradora en el Máster Universitario en Educación y Recursos Digitales (Elearning) de la Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA (España)*

[alicia.onieva@udima.es](mailto:alicia.onieva@udima.es) | <https://orcid.org/0000-0002-0433-7263>

## Abstract

Although linguistics contents are crucial in all the degrees of the Communication field, some academic data of the Spanish Language subject –offered in the degrees of Journalism and Advertising and Public Relations of the Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA– indicated a constant detachment from the students (men and women) towards the subject destined to work on these contents. An example of this is that more than 60 % of students did not take the final exam of the subject during the academic year 2019-2020.

With the aim of improving the commitment of the students to the subject, a digital innovation project called «Con la Lengua Fuera» was developed. The project consisted of the design of a dynamic in which digital gamification strategies were used (such as first-person narrative, multimedia language and game levels) in a Breakout EDU format. The game was designed as three activities to work both theoretical and procedural content related to Spanish Language in the Moodle learning platform. This paper describes the framework in which the innovation project was carried out and the steps that were followed for its design and implementation in the virtual classroom.

**Keywords:** educational innovation; gamification; educational videogames; Spanish Language; Breakout EDU; motivation; online learning.

Received: 16-02-2022 | Accepted: 07-09-2022 | Published: 06-05-2024

**Citation:** Arrieta Castillo, C. and Onieva Lupiáñez, A. (2024). «Con la Lengua Fuera». A digital innovation project for the virtual classroom of Spanish Language. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 191-208. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.868>



## Sumario

1. Introducción
    - 1.1. Gamificación para la mejora de la motivación hacia contenidos educativos
    - 1.2. Razón de ser del proyecto
  2. Objetivos
  3. «Con la Lengua Fuera»: diseño e implementación del proyecto de innovación digital
    - 3.1. Marco didáctico
    - 3.2. Diseño e implementación
      - 3.2.1. Herramientas digitales
      - 3.2.2. Dinámicas
      - 3.2.3. Mecánicas y componentes
  4. Discusión
  5. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

**Nota.** Este trabajo ha resultado premiado en la I Convocatoria de Ayudas a Proyectos de Innovación de la Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA.

## 1. Introducción

### 1.1. Gamificación para la mejora de la motivación hacia contenidos educativos

Los juegos plantean retos que demandan la puesta en marcha de habilidades cognitivas de los jugadores para su resolución y lo hacen con un carácter lúdico que implica diversión. Este reto lúdico estimula experiencias positivas asociadas al placer en los individuos (Werbach y Hunter, 2012), lo que permite activar la motivación de los participantes hacia los contenidos del juego. Por su carácter de simulación, disminuye el miedo del participante a equivocarse y posibilita mayor control de la ansiedad ante la actividad didáctica (Andreu Andrés *et al.*, 2005).

La «gamificación», que puede o no ser realizada a través de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), es el proceso que hace uso de elementos y técnicas de juegos en contextos que habitualmente no son lúdicos, como es el contexto de enseñanza-aprendizaje. Así pues, gamificar una actividad o tarea del proceso de aprendizaje suele ser una estrategia habitual para dirigir la motivación de los estudiantes hacia los contenidos o procesos trabajados en esas tareas (Prensky, 2001).

La gamificación realizada a través de las TIC se basa en el uso de plataformas electrónicas que permiten la participación de uno o más jugadores en un entorno físico o de red (Rice, 2009). Se trata de dar un carácter lúdico a las tareas de aula y hacerlo, además, con la ayuda de recursos digitales. El resultado se plasma en lo que el *game-based learning* (Pivec *et al.*, 2003) ha denominado «videojuegos educativos»: actividades con carácter lúdico que utilizan recursos multimedia (en distintos formatos y lenguajes) y que demandan la interacción del jugador-estudiante con el entorno virtual.

De acuerdo con estudios como los de Pindado (2005) o Marín Díaz (2013), la inclusión en el aula de sistemas digitales gamificados o videojuegos educativos fomenta una mayor motivación del alumnado hacia los contenidos tratados. Esto es posible gracias al «aprendizaje inmersivo», que constituye «una característica fundamental de los videojuegos, porque proporcionan una combinación de vivencia, toma de decisiones y análisis de las consecuencias muy prometedoras respecto al mundo educativo» (Gros Salvat, 2014, p. 123). Los docentes de la etapa secundaria parecen ser conscientes de ello; así, otro estudio de la European Schoolnet (Wastiau *et al.*, 2009) concluyó que en torno al 70 % de los docentes encuestados del área de enseñanza de lenguas utilizaban este tipo de videojuegos educativos. La cantidad de reflexiones docentes sobre gamificación se reduce cuando examinamos las pertenecientes al ámbito universitario.

El estudio de Peñalva *et al.* (2019) sobre la implementación del videojuego educativo en las universidades españolas describe un panorama aún embrionario. Según estos autores, «sigue predominando la instrumentalización de la tecnología educativa, frente a su fin didáctico» (p. 253), lo que dificultaría la transición hacia metodologías de enseñanza más activas y novedosas. Estos mismos autores indican que la mayoría de los casos de gamificación digital detectados se adscriben a las áreas de Ingeniería y Tecnología y, en menor medida, a las de Humanidades y Ciencias Sociales. En la misma línea, Alonso-García *et al.* (2021) reconocen que la gamificación no ha tenido hasta ahora el mismo éxito en el ámbito universitario español que en el de países de nuestro entorno.

Aun no siendo numerosos, estudios como el de Villalustre Martínez y Del Moral Pérez (2015), en el ámbito de la pedagogía, intentan demostrar que las mecánicas de juego no solo aumentan el grado de motivación hacia el aprendizaje, sino que son válidas para la potenciación y el desarrollo de competencias clave, como la comunicativa. En esta línea parecen ir las reflexiones de Rodríguez Melchor (2015), que analiza una experiencia en la que se trabajan las destrezas orales de la lengua, y las de Gallego Aguilar y Ágredo Ramos (2016), que hacen lo mismo con las destrezas escritas.

El área que parece ofrecer un mayor número de propuestas y reflexiones didácticas sobre el desarrollo de la competencia comunicativa a través de la gamificación es la de la enseñanza de lenguas extranjeras. La revisión realizada por Chaves Yuste (2019) nos muestra un panorama de estudios ya consolidado, en el que esta técnica se habría afianzado como método que fomenta el aprendizaje significativo a la par que el colaborativo.

Precisamente en este marco encontramos un proyecto de gamificación digital cuyo carácter apela directamente al nuestro. Los autores Núñez Sabarís *et al.* (2019) proponen el desarrollo de la competencia comunicativa mediante una propuesta didáctica que incluye elementos de suspense –como una atmósfera detectivesca o un crimen por resolver– que estimulan la imaginación y la atención del alumnado hacia los contenidos que deben aprender. Su caso se construye alrededor de textos literarios para aprendices de español como lengua extranjera, mientras que el nuestro pivota en torno a los contenidos lingüísticos que permiten desarrollar la competencia comunicativa de la lengua materna o lengua primera (Cortés Moreno, 2000).

Por último, cabe señalar que los docentes perciben los videojuegos educativos como un recurso metodológico útil, siempre y cuando estos se asocien a las cualidades de facilidad de uso y utilidad (Sánchez-Mena *et al.*, 2017). En la misma línea parecen ir los resultados cuando se pregunta a los propios estudiantes. Bourgonjon *et al.* (2010) indican que, además de destacar esas dos cualidades para la aceptación del videojuego educativo, cuanto más familiarizado esté un estudiante con los videojuegos fuera del aula, más proclive se mostrará al uso del recurso dentro de ella. En este sentido, conviene recordar que el volumen de negocio del videojuego recreativo no cesa de crecer y es ya la industria de entretenimiento que mayores beneficios reporta en la actualidad (Wijnam, 2020).

## 1.2. Razón de ser del proyecto

La idea de este proyecto de innovación docente nació de una observación preocupante:

Un gran número de estudiantes no se presentaron al examen final de la asignatura Lengua Española, impartida en modalidad *online*, en los grados de Periodismo, Humanidades y Publicidad y Relaciones Públicas de la Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA.

Al observar los datos, se confirmaron las preocupaciones docentes: en el primer semestre del curso 2019-2020, el 61 % de los estudiantes matriculados en esta asignatura no se presentaron al examen final. La asignatura tenía un sistema de evaluación continua y el porcentaje de participación en las actividades voluntarias del aula virtual se situó en torno a un 40 %, tanto en los dos semestres del curso 2018-2019 como en el primer semestre del 2019-2020.

La asignatura troncal del primer curso –Lengua Española– se imparte con periodicidad semestral y tiene una carga lectiva de 6 créditos ECTS (*European credit transfer and accumulation system*). Lengua Española es fundamental para la adquisición de conocimientos teórico-prácticos que permitan un mejor dominio de la competencia comunicativa. Se espera que los futuros egresados en Periodismo, Humanidades o Publicidad y Relaciones Públicas finalicen sus estudios con un alto dominio de esta competencia. El aprendizaje de los contenidos de la asignatura Lengua Española es, por tanto, fundamental en el desarrollo formativo de estos estudiantes a lo largo de su carrera.

La competencia comunicativa alude a la capacidad de los individuos de comunicarse de modo eficaz en una comunidad de habla (Instituto Cervantes, 2022). Esto implica dominar varios componentes: el lingüístico, el sociolingüístico y el pragmático (Consejo de Europa, 2002), que incluyen tanto las reglas gramaticales y de otros niveles de descripción lingüística (léxica, fonética y semántica) como las reglas de uso de la lengua. Las segundas están relacionadas con el contexto sociohistórico y cultural en el que tiene lugar la comunicación. Unas y otras necesitan del aprendizaje de conocimientos declarativos y procedimentales.

Este es uno de los principales desafíos a los que se enfrenta el docente de lenguas: la adecuada integración de conocimientos declarativos (contenido teórico-lingüístico) y conocimientos procedimentales (destrezas escritas y orales) en las prácticas de aula que protagonizan la adquisición de la competencia comunicativa. En este sentido, el uso de técnicas educativas de gamificación puede ofrecer una respuesta a este desafío desde una perspectiva de tipo lúdico, pues posibilita centrar el foco del aprendizaje en los conocimientos declarativos a la vez que se ofrece una plataforma para la participación en las actividades más procedimentales. Si, además de lo anterior, la gamificación se lleva a

cabo a través de las TIC, se potenciará la sensación de participación activa y de control en las actividades (Cabero Almenara, 2010), lo que puede fomentar un mayor compromiso por parte del estudiante con la asignatura.

## 2. Objetivos

Con el proyecto de innovación digital denominado «Con la Lengua Fuera» se pretendía lograr el siguiente objetivo general (OG):

**OG.** Mejorar el compromiso de los estudiantes con los contenidos que permiten desarrollar conocimientos y habilidades claves para el área de Comunicación.

Asimismo, los objetivos secundarios de este artículo fueron los siguientes:

- Reflexionar sobre la adecuación de la técnica de gamificación y los llamados «videojuegos educativos» para activar la motivación por el aprendizaje en contextos universitarios.
- Explicar el diseño e implementación de las dinámicas gamificadas destinadas a activar la motivación de los estudiantes de Lengua Española hacia los contenidos lingüísticos.
- Fomentar los entornos digitales como un espacio válido para el desarrollo de las habilidades lingüísticas.

## 3. «Con la Lengua Fuera»: diseño e implementación del proyecto de innovación digital

### 3.1. Marco didáctico

El sistema gamificado «Con la Lengua Fuera» fue creado en el aula virtual de la asignatura Lengua Española, que se imparte en el primer curso de los grados de Periodismo, Humanidades y Publicidad y Relaciones Públicas del Departamento de Comunicación de la UDIMA. El sistema gamificado incluyó tres actividades de aprendizaje que sustituyeron a otras actividades tipo cuestionario. Estas actividades fueron evaluables y computaron en la calificación final del curso un 10 % del global, pero no fue necesaria su realización ni para pasar al examen final ni para superar la asignatura.

Las actividades gamificadas –Con la Lengua Fuera I, Con la Lengua Fuera II y Con la Lengua Fuera III– fueron concebidas como tres actividades diferentes que formaban parte del mismo videojuego educativo: un universo de ficción con hilo narrativo común en el que las tres actividades suponían el inicio, la continuación y el desenlace de la historia. Las actividades se encontraban ordenadas cronológicamente y el estudiante-jugador accedía a

cada una de ellas en el aula virtual de la asignatura, incluida en la plataforma Moodle utilizada en las aulas virtuales del grado. El videojuego educativo estuvo disponible durante el segundo semestre de 2019-2020, el primer y segundo semestres del curso 2020-2021 y el primer semestre del curso 2021-2022. Un total de 160 estudiantes cursaron esta asignatura durante el periodo en el que estuvo vigente el videojuego.

El diseño del videojuego debía supeditarse a los objetivos y contenidos del temario de la asignatura, que, a su vez, venían definidos en los descriptores del plan de estudios de los distintos grados. La actividad Con la Lengua Fuera I recoge las unidades 1 (El lenguaje y los medios de comunicación), 2 (Semiótica) y 3 (Fonética y fonología). La actividad Con la Lengua Fuera II trabaja contenidos relacionados con los temas morfológicos (unidades 4 y 5) y sintácticos (unidades 6 y 7). Finalmente, la actividad Con la Lengua Fuera III trabaja los contenidos relacionados con el plano semántico (unidad 8) y las ramas de la pragmática (unidad 9) y la sociolingüística (unidad 10).

Como se detallará en el apartado de mecánicas, el objetivo del videojuego era poder conjugar el aprendizaje de los conocimientos declarativos y el de los procedimentales, por lo que las tres actividades combinaban preguntas teóricas con ejercicios de comprensión lectora, comprensión auditiva y expresión escrita. La expresión oral fue la única de las cuatro destrezas de la lengua no trabajada en el videojuego.

## 3.2. Diseño e implementación

Dentro de los elementos del videojuego relevantes para la gamificación de las actividades de aula encontramos tres categorías: herramientas digitales, dinámicas y mecánicas y componentes (Werbach y Hunter, 2012).

### 3.2.1. Herramientas digitales

Para el diseño de la gamificación se hizo uso del *software* Genially, una herramienta de creación de contenido visual e interactivo *online*. La herramienta, creada en 2015 por la empresa cordobesa que lleva el mismo nombre (Andalucía Emprende. Fundación Pública Andaluza, 2018), ofrecía numerosas plantillas y un editor avanzado *online* con el que poder crear los recursos educativos.

Dentro de las diversas plantillas disponibles en la plataforma, se utilizó el formato Breakout EDU. Este formato se caracteriza por estar inspirado en los juegos de *escape room*, en los que se debe abrir una caja con una cifra numérica en un tiempo limitado. Aunque «Con la Lengua Fuera» no establecía un tiempo limitado para realizar la actividad, sí se debían resolver una serie de pruebas y acertijos relacionados con los contenidos lingüísticos de la asignatura para poder obtener los códigos que permitieran seguir avanzando en el juego.

Para la elaboración de las distintas pruebas y retos, hubo que editar en modo avanzado una serie de diapositivas que soportaba el formato. Estas diapositivas se integraron en la actividad «Lección» de la plataforma Moodle, un CMS (*course management system*) que servía de entorno de aprendizaje para el aula virtual de la asignatura Lengua Española.

Cada uno de los tres videojuegos de «Con la Lengua Fuera» se componía de distintos micro-Genially, que sirven para presentar y guiar las distintas misiones del juego. El primer micro-Genially contenía una página principal en la que se recogía el progreso de la historia; otra página, con la imagen y descripción de los personajes que el jugador iría encontrando en esa fase del juego; y, finalmente, un mapa con distintas misiones que el participante debería completar para avanzar en el juego (véase figura 1).

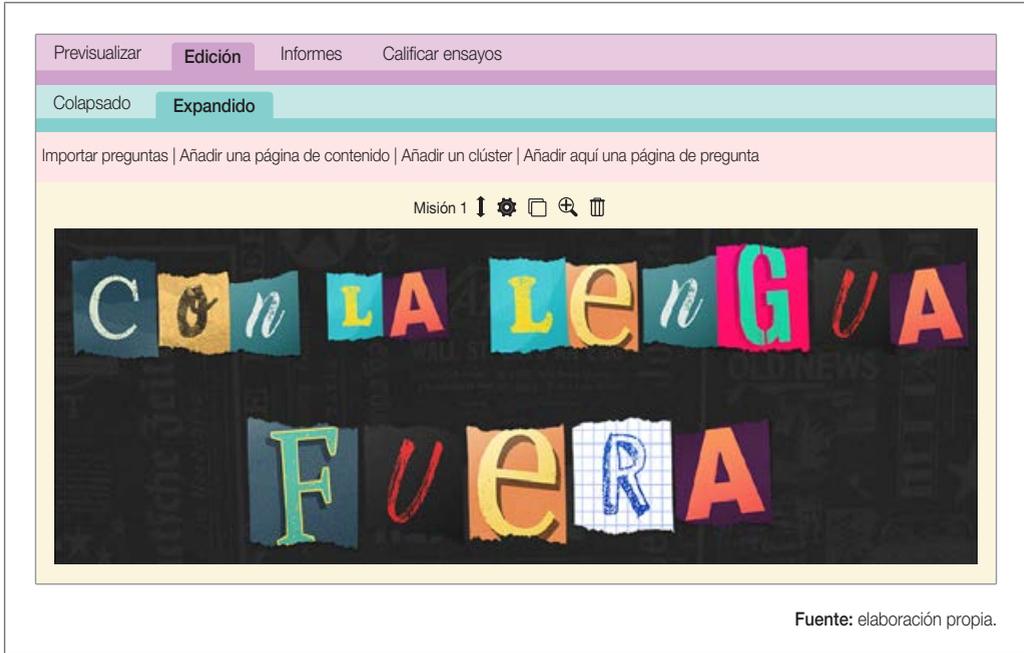
Figura 1. Pantalla de inicio del proyecto «Con la Lengua Fuera»



A medida que se avanzaba por el juego, se requería que el estudiante interactuara con distintos contenidos multimedia insertados en la plantilla Breakout EDU: textos, imágenes con puntos de interacción, audios, vídeos, etc. Una vez que el participante llegaba a la pantalla final del micro-Genially, debía pasar a Moodle para completar una serie de preguntas.

Puesto que cada una de las preguntas de la herramienta «Cuestionario» era calificable, la integración de Genially en Moodle (véase figura 2) permitía asignar una nota a la actividad del estudiante que quedaba registrada en su libro de calificaciones.

Figura 2. Vista de integración de Genially en Moodle



### 3.2.2. Dinámicas

Las dinámicas constituyen los elementos más panorámicos del sistema gamificado. Consisten en la narrativa del juego, en su progresión, en las relaciones entre los jugadores, en las emociones que van destinadas a alcanzar y en las restricciones o normas del juego (Werbach y Hunter, 2012).

La narrativa de «Con la lengua Fuera» pretendía sumergir a los jugadores en una atmósfera de misterio a través de un *thriller* gubernamental. La historia tenía lugar en Isla Perseverancia, un país imaginario con tintes distópicos en el que la agencia Persuaden era dueña de la mayoría de los medios de comunicación. Esta agencia parecía tener lazos con miembros del Gobierno, encarnado por el partido VIP (Vota tu Interés Personal), que llevaba décadas sin perder unas elecciones.

Los estudiantes se tenían que poner en el papel de Juana Discrepancias, una estudiante de Periodismo obsesionada con la lingüística y a la que concedían una beca de prácticas en la agencia Persuaden. A través del personaje protagonista, el estudiante debería ir descubriendo, a medida que avanzaba en el juego y resolvía las tareas en la agencia de prácticas, las relaciones ilícitas y nada éticas entre el poder político y el mediático de Isla Perseverancia.

Algo que cabe señalar es que la mayoría de los estudiantes que participaron en el juego eran futuros egresados en Periodismo (más de un 60 % de los estudiantes del aula estaban matriculados en este grado). Todos los videojuegos son productos culturales, en el sentido de que transmiten unos usos y costumbres y, por tanto, también son portadores de ideología. Tal y como reflexionaban Arrieta-Castillo y Celorrio Aguilera (2021) en su artículo, es importante cuestionar los valores que transmiten los videojuegos educativos, y esto se puede realizar observando «cuál es el objetivo del juego, cómo se debe llegar a él [...] y cómo son los personajes que en él aparecen» (p. 258). En este sentido, se trató de construir una historia que permitiera a los futuros profesionales de la comunicación reflexionar sobre el compromiso deontológico de su desempeño profesional con la sociedad. Se pretendía fomentar esta reflexión mediante la presentación del escenario distópico al que llegaría la sociedad si los periodistas rehuyesen este compromiso. La progresión del juego se logró al dividirlo en tres actividades diferentes.

Progresión del proyecto «Con la Lengua Fuera»	
Narrativa	Contenidos comunicativos
<b>Con la Lengua Fuera I</b>	
Juana y su amigo Lázaro, estudiantes de Periodismo, consiguieron una entrevista para realizar unas prácticas en Persuaden, la agencia de comunicación más importante de Isla Perseverancia. Debían mostrar su conocimiento sobre algunas de las normas principales del español y del lenguaje de los medios, pues sus primeras funciones serían comprender el libro de estilo de la agencia y realizar la corrección lingüística de unos textos.	El lenguaje y los medios de comunicación.  La norma lingüística del español.  Principales errores ortográficos y normas de la <i>Ortografía</i> de la RAE (2010).
<b>Con la Lengua Fuera II</b>	
Una vez contratados como becarios, Juana y Lázaro recibieron encargos que les empezaron a hacer sospechar de las intenciones de sus jefes: entrevistas a personajes de dudoso criterio para hablar como expertos sobre ciertos temas o el uso de mecanismos lingüístico-discursivos para transformar textos opinativos en piezas más objetivas, que se harían pasar por noticias informativas.	Estilo directo e indirecto.  Mecanismos morfosintácticos que dotan de subjetividad/objetividad a los textos.
<b>Con la Lengua Fuera III</b>	
Juana debía investigar la desaparición de su amigo Lázaro, que andaba husmeando en los archivos desclasificados del Gobierno. Para ello, debería interactuar con varios testigos que demandarían de ella una serie de habilidades lingüísticas.	Varietades diatópicas del español.  Conceptos del plano semántico.  Conceptos del plano pragmático.

**Fuente:** elaboración propia.

Como se ha podido observar, la participación del estudiante en las tres actividades aseguró la evolución de la narrativa y su implicación en el juego. La narrativa de «Con la Lengua Fuera» fomentó la activación de las emociones de curiosidad e incertidumbre con el objetivo de lograr la inmersión del estudiante en el juego. A través de una historia en la que el estudiante asumió el rol de la protagonista, se pretendió despertar su motivación para resolver el caso planteado y seguir avanzando en el juego. Respecto a las restricciones y a las relaciones entre jugadores, el videojuego se concibió como una dinámica individual, pues otorgaba una calificación para cada participante, quienes debían ir resolviendo los distintos ejercicios sin ayuda de los compañeros. El juego no tuvo un tiempo máximo de realización. Los estudiantes pudieron ir avanzando por las distintas pruebas a su propio ritmo y también pudieron abandonar el juego y retomarlo de nuevo en la pantalla en la que lo habían dejado.

### 3.2.3. Mecánicas y componentes

Las mecánicas de los videojuegos y sus componentes son fundamentales para que los jugadores progresen en la acción del juego y se involucren en él. A continuación, se recogen los distintos componentes y mecánicas (Werbach y Hunter, 2012) de los que constó el sistema gamificado de «Con la Lengua Fuera».

Mecánicas y componentes del proyecto «Con la Lengua Fuera»		
Mecánicas	Componentes	Descripción
Retos	Pruebas	El jugador debía enfrentarse a distintas pruebas. Algunas de ellas eran de interacción con las imágenes y no requerían el conocimiento de contenidos de la asignatura; no obstante, la mayoría sí demandaban que el estudiante hubiera aprendido conceptos y habilidades relacionados con la competencia comunicativa. Estas pruebas fueron planteadas en preguntas tipo test, verdadero o falso, de relacionar o de respuesta abierta. Se trató de cubrir distintas destrezas y contenidos que formaban parte de la asignatura.
	Jefe final	Se diseñó una prueba final en la que el estudiante debía contestar a preguntas de las distintas fases del juego y demostrar si había estado atento en la interacción con los personajes. El propósito consistía en cerrar el juego con una recopilación de los contenidos más importantes, de modo que le sirvieran al estudiante como repaso general de la asignatura.

Mecánicas	Componentes	Descripción
Turnos	Turno continuado	Con la intención de que el estudiante pudiera estudiar los conceptos que el juego le demandaba a medida que iba progresando en él, el jugador tenía la posibilidad de avanzar en el juego o pausarlo cuando él deseara. También podía abandonar la página del juego y volver a ella más tarde sin perder el progreso.
	Interacción	Aunque el modo individual del juego hacía que el jugador no tuviera que esperar un turno, los turnos de acción venían marcados por la interacción con el entorno gamificado, que, a su vez, estaba condicionado por el progreso de la historia. El estudiante debería esperar a que se reprodujeran los contenidos multimedia diseñados antes de poder actuar.
Equipos	Individual	Puesto que el juego incluía una actividad de aula evaluable, se decidió que este se realizara de manera individual. Esto permitió que el estudiante fuera adquiriendo los conocimientos de la asignatura necesarios para progresar sin depender del ritmo de aprendizaje de sus compañeros.
Puntos	Calificaciones	Al finalizar cada uno de los tres juegos, el estudiante recibía una calificación que podía ver y que formaría parte de la categoría «Actividades de Aprendizaje» de su libro de calificaciones. Esta categoría tenía un peso del 10% en la nota global del curso.
Niveles	Fases del juego	Las fases de «Con la Lengua Fuera» venían determinadas por la narrativa, que presentaba el inicio, la continuación y el desenlace de la historia de Juana Discrepancias. Estas fases permitían que el videojuego se dividiera en tres partes. A cada parte le correspondía el temario de distintas unidades de la asignatura, aunque hubo un reto en el que se incluyeron pruebas de todas las unidades y sirvió como fase final.
	Misiones	Cada juego de «Con la Lengua Fuera» estaba compuesto de distintas misiones a las que se accedía desde un mapa al inicio del juego. Estas misiones, por coherencia de la historia, debían jugarse en un orden preestablecido, de modo que el estudiante tenía que superar la primera misión antes de poder comenzar la segunda.

Mecánicas	Componentes	Descripción
Retroalimentación	Corrección automática	Algunas pruebas a las que tuvo que enfrentarse el estudiante, como las preguntas tipo test o de verdadero y falso, eran autocorregibles. El estudiante obtenía una calificación de modo inmediato, aunque no podía ver cuáles eran sus errores y las respuestas correctas hasta que finalizó el plazo de realización de la actividad.
	Feedback cualitativo	Con el objetivo de trabajar las habilidades de expresión, en el juego, hubo una serie de pruebas que implicaron la respuesta abierta por parte de los estudiantes, que debían componer textos conforme a una serie de criterios comunicativos. Estos textos fueron corregidos por los profesores con posterioridad y ofrecieron retroalimentación cualitativa sobre las tareas.
Recompensas	Desbloques y logros	Para que el estudiante se viera motivado a progresar en el juego, se ofrecieron pequeñas recompensas relacionadas con la narrativa. En el tercer juego, el logro fue resolver el caso de Lázaro y desbloquear la recompensa final, también relacionada con la historia.
	Calificación	En última instancia, la recompensa del jugador-estudiante fue la calificación recibida en esta actividad. Los estudiantes que no participaron en el juego no tuvieron nota asociada, lo que implicó que tendrían un cero en su libro de calificaciones.

Fuente: elaboración propia.

## 4. Discusión

Los videojuegos, como reto lúdico, demandan una serie de estrategias cognitivas para resolverlos. Su adecuación para las aulas educativas viene justificada por la fuente de motivación que suponen hacia los contenidos tratados en el juego (Prensky, 2001).

No obstante, la motivación será posible siempre que el mundo creado en el videojuego despierte el interés del jugador y sea capaz de erigirse en un contexto de inmersión.

En el proyecto «Con la Lengua Fuera», se trató de favorecer el aprendizaje contextual (Shaffer *et al.*, 2005) mediante el diseño de un sistema gamificado que incluía una serie de dinámicas, mecánicas, herramientas y componentes que permitían a los estudiantes acercarse a los contenidos de la asignatura al tiempo que los sumergían en un mundo creado con una serie de normas y valores. Además de los conocimientos adquiridos por las diversas pruebas del videojuego, el sistema demandaba al jugador-estudiante el conocimiento de las reglas de interacción con ese entorno gamificado. Respecto a los retos didácticos, el uso de la plataforma Genially y su integración en el entorno Moodle permitió que los estudiantes de la asignatura Lengua Española pudieran realizar el juego desde el espacio virtual de la asignatura. Esta integración también posibilitó que la narrativa se combinara con preguntas de distinto tipo: preguntas directas para comprobar la adquisición de conocimientos de tipo conceptual y preguntas cerradas y abiertas para comprobar la adquisición de destrezas como la comprensión lectora y oral o la expresión escrita.

La combinación de Genially y la herramienta «Lección» de Moodle posibilitó el diseño de un sistema gamificado que permitió al docente la comprobación de conocimientos sobre la asignatura mientras presentaba un mundo imaginado que deparaba una serie de experiencias al jugador; entre ellas, la toma de decisiones sobre su interacción en ese mundo, que –si bien no intervenía en la calificación del ejercicio– posibilitaba que el estudiante se interrogara sobre su compromiso con la práctica profesional. Se consideró que los estudiantes percibirían la visión cultural sobre el mundo que el videojuego les mostraría.

Además de ser portadores de unos valores culturales, «Con la Lengua Fuera» demandó del estudiante el dominio del lenguaje multimedia propuesto en la plataforma digital. En una sociedad en la que aquellos nacidos a partir de 1980 ya son considerados nativos digitales, no es desdeñable la capacidad del videojuego como elemento de alfabetización digital (Gee, 2003). El jugador de «Con la Lengua Fuera» debía leer textos de diversas modalidades, escuchar conversaciones, ver vídeos, observar objetos en imágenes, interactuar con las imágenes o los vídeos, responder a preguntas y escribir textos. El dominio de estos canales y formatos exigió la puesta en marcha de distintas estrategias que fomentarían el dominio de la competencia digital.

Por otro lado, el diseño del videojuego evidenció algunas limitaciones que deberán ser consideradas en sus actualizaciones futuras. Una de ellas es que «Con la Lengua Fuera» se jugó en modalidad individual, sin interacción con el resto de los usuarios. Precisamente, la relación entre jugadores entraña una de las dinámicas de gamificación más destacadas por su utilidad para el aprendizaje (Werbach y Hunter, 2012). El potencial de los videojuegos educativos para su uso colaborativo podría ser utilizado para practicar precisamente la única destreza que no se trabajó a lo largo de las distintas fases de «Con la Lengua Fuera»: la expresión oral.

## 5. Conclusiones

En este artículo se ha presentado el proyecto de innovación digital «Con la Lengua Fuera», destinado al desarrollo de la competencia comunicativa en los estudiantes del área de Comunicación y Humanidades de la UDIMA.

El proyecto consistió en la elaboración de un videojuego educativo a través de la gamificación de una serie de actividades de la asignatura Lengua Española, impartida en modalidad *online*. El videojuego se elaboró gracias a la plantilla Breakout EDU de la herramienta de creación de contenido Genially y fue incrustado en la plataforma de aprendizaje Moodle gracias a la herramienta «Lección».

La exploración bibliográfica llevada a cabo para dar fundamento teórico al proyecto indicó que la técnica de gamificación y los llamados «videojuegos educativos» posibilitan la activación de la motivación por el aprendizaje de los contenidos, también en contextos universitarios. Para ello se antoja necesario diseñar prácticas que sean consecuentes con los objetivos de las asignaturas impartidas, que ayuden a trabajar contenidos teóricos y procedimentales y que contengan elementos como la narrativa, las dinámicas o las mecánicas, los cuales contribuyan a facilitar el aprendizaje inmersivo del estudiante.

En la descripción de los pasos dados para el diseño e implementación del videojuego educativo se han detallado tanto el marco didáctico que da razón de ser al proyecto como las herramientas, dinámicas, mecánicas y componentes que forman parte del videojuego. El atractivo didáctico de «Con la Lengua Fuera» se basa en un lenguaje multimedia que combina distintos soportes y códigos, una narrativa compleja pensada para crear una atmósfera envolvente y la funcionalidad de poder integrar el juego en el entorno de aprendizaje del aula virtual.

Por último, se debe reconocer que la creación e implementación didáctica de proyectos de innovación que impliquen la elaboración de videojuegos educativos con narrativas complejas demanda un esfuerzo considerable por parte de sus creadores. La ayuda institucional se considera indispensable para poder llevarlos a cabo.

## Referencias bibliográficas

- Alonso-García, S., Martínez-Domingo, J. A., Berral-Ortiz, B. y Cruz-Campos, J. C. de la. (2021). Gamificación en educación superior. Revisión de experiencias realizadas en España en los últimos años. *Hachetetepe. Revista Científica de Educación y Comunicación*, 23, 1-21. <https://doi.org/10.25267/Hachetetepe.2021.i23.2205>
- Andalucía Emprende. Fundación Pública Andaluza. (2018). *Genially*. <https://www.andaluciaemprende.es/empresas/genially/>
- Andreu Andrés, M.ª A., García Casas, M. y Mollar García, M. (2005). La simulación y el juego en la enseñanza-aprendizaje de lengua extranjera. *Cuadernos Cervantes*, 11(55), 34-38. <http://hdl.handle.net/10251/16011>

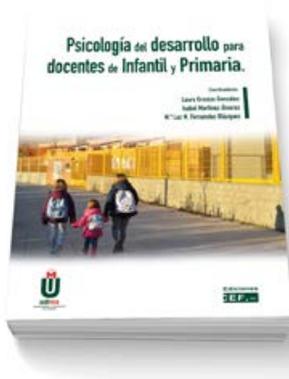
- Arrieta-Castillo, C. y Celorrio Aguilera, I. (2021). El juego comunicativo. Planificar y gestionar el aula con dinámicas de juego. En C. Arrieta-Castillo. (Ed.), *Discurso, comunicación y gestión del aula de ELE* (pp. 223-264). enClave-ELE.
- Bourgonjon, J., Valckle, M., Soetaert, R. y Schellens, T. (2010). Students' perceptions about the use of video games in the classroom. *Computers & Education*, 54(4), 1.145-1.156. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.022>
- Cabero Almenara, J. (2010). Los retos de la integración de las TIC en los procesos educativos: Límites y posibilidades. *Revista Perspectiva Educacional*, 49(1), 32-61. <https://goo.gl/Jz49mQ>
- Chaves Yuste, B. (2019). Revisión de experiencias de gamificación en la enseñanza de lenguas extranjeras. *ReiDoCrea*, 8, 422-430. <http://hdl.handle.net/10481/58021>
- Consejo de Europa. (2002). *Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas: aprendizaje, enseñanza, evaluación* [Trad. Instituto Cervantes]. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte/Grupo Anaya. [https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca\\_ele/marco/cvc\\_mer.pdf](https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/marco/cvc_mer.pdf)
- Cortés Moreno, M. (2000). *Guía para el profesor de idiomas: didáctica del español y segundas lenguas*. Octaedro.
- Gallego Aguilar, A. F. y Ágredo Ramos, A. F. (2016). Implementando una metodología de gamificación para motivar la lectura y escritura en jóvenes universitarios. *Revista Kepes*, 13(14), 61-81. <https://doi.org/10.17151/kepes.2016.13.14.4>
- Gee, J. P. (2003). *What Video Games Have to Teach us About Learning and Literacy*. McMillan.
- Gros Salvat, B. (2014). Análisis de las prestaciones de los juegos digitales para la docencia universitaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 79(28.1), 115-128. <https://www.redalyc.org/pdf/274/27431190008.pdf>
- Instituto Cervantes. (2022). Competencia comunicativa. *Diccionario de términos clave de ELE*. Centro Virtual Cervantes. [https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca\\_ele/diccio\\_ele/diccionario/competenciacomunicativa.htm](https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/diccio_ele/diccionario/competenciacomunicativa.htm)
- Marín Díaz, V. (2013). *Los videojuegos y los juegos digitales como materiales educativos*. Síntesis.
- Núñez Sabarís, X., Cea Álvarez, A. y Silva Dias, A. (2019). Literatura por tareas y gamificación: novela policíaca y geografías culturales. *Tejuelo*, 30, 261-288. <https://doi.org/10.17398/1988-8430.30.261>
- Peñalva, S., Aguaded, I. y Torres-Toukoumidis, Á. (2019). La gamificación en la universidad española. Una perspectiva educocomunicativa. *Revista Mediterránea de Comunicación*, 10(1), 245-256. <https://doi.org/10.14198/MEDCOM2019.10.1.6>
- Pindado, J. (2005). Las posibilidades educativas de los videojuegos. Una revisión de los estudios más significativos. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 26, 55-67. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36802605>
- Pivec, M., Dziabenko, O. y Schinnerl, I. (2003). Aspects of game-based learning. En H. Maurer y K. Tochtermann, (Eds.), *Proceedings of the 3rd International Conference on Knowledge Management* (pp. 216-225). Springer Verlag Heidelberg. [https://www.academia.edu/2376082/Aspects\\_of\\_game\\_based\\_learning](https://www.academia.edu/2376082/Aspects_of_game_based_learning)
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1-6. <https://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>

- Real Academia Española. (2010). *Ortografía de la lengua española*. Espasa.
- Rice, L. (2009). Playful learning. *Journal for Education in the Built Environment*, 4(2), 94-108. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.11120/jebe.2009.04020094>
- Rodríguez Melchor, M.<sup>a</sup> D. (2015). *La gamificación de la enseñanza de competencias comunicativas: una experiencia en el aula de Retórica Persuasiva y Oratoria*. Repositorio de la Universidad Pontificia de Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/28365>
- Sánchez-Mena, A., Martí-Parreño, J. y Aldás-Manzano, J. (2017). The effect of age on teachers' intention to use educational video games: ATAM approach. *Electronic Journal of e-Learning*, 15(4), 355-366. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1154704.pdf>
- Shaffer, D. W., Squire, K. R., Halverson, R. y Gee, J. P. (2005). Video games and the future of learning. *PDK. Phi Delta Kappan*, 87(2), 105-111. <https://doi.org/10.1177/003172170508700205>
- Villalustre Martínez, L. y Moral Pérez, M.<sup>a</sup> E. del. (2015). Gamificación: estrategia para optimizar el proceso de aprendizaje y la adquisición de competencias en contextos universitarios. *Digital Education Review*, 27, 13-31. <https://doi.org/10.1344/der.2015.27.13-31>
- Wastiau, P., Kearney, C. y Berghe, W. van den. (2009). *How Are Digital Games Used in Schools?* European Schoolnet. [http://games.eun.org/upload/gis-full\\_report\\_en.pdf](http://games.eun.org/upload/gis-full_report_en.pdf)
- Werbach, K. y Hunter, D. (2012). *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*. Wharton Digital Press.
- Wijman, T. (08/05/2020). *The World's 2.7 Billion Gamers Will Spend \$159.3 Billion on Games in 2020; The Market Will Surpass \$220 Billion by 2023*. Newzoo. <https://newzoo.com/insights/articles/newzoo-games-market-numbers-revenues-and-audience-2020-2023/>

**Carolina Arrieta Castillo**. Doctora en Lingüística Aplicada con mención internacional por la Universidad de Salamanca (España). Profesora contratada doctora acreditada de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) en el Departamento de Comunicación de la Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA (España). Ha participado en congresos internacionales y ha publicado diversos artículos y capítulos de libros relacionados con la comunicación y la enseñanza de la Lengua Española en revistas y editoriales de ámbito nacional e internacional. Editora académica y autora del volumen colectivo *Discurso, comunicación y gestión del aula de ELE* (2021) e investigadora principal (IP) del «Proyecto de innovación digital para el desarrollo de la competencia comunicativa en estudiantes de los grados de Periodismo y Publicidad y Relaciones Públicas».

**Alicia Onieva Lupiáñez**. Licenciada en Psicología por la Universidad Autónoma de Madrid (España). Máster en Neuropsicología por la Universitat Oberta de Catalunya (España). Miembro del Departamento de Innovación de la Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA (España), donde trabaja como especialista en el campo de la gamificación y en la creación de *escape rooms* educativos que fomenten la interacción y el sentimiento de pertenencia dentro del marco de la educación a distancia. También es docente en los cursos Herramientas Digitales para el Profesorado y Gamificación Educativa, impartidos a distancia para el CEP.- Centro de Estudios Financieros de Santo Domingo (República Dominicana).

**Contribución de autoras.** Diseño del trabajo: C. A. C.; Introducción: C. A. C.; Diseño e implementación del proyecto de innovación digital: C. A. C. y A. O. L.; Discusión: C. A. C.; Conclusiones: C. A. C.; Formato final: A. O. L.; Referencias bibliográficas: A. O. L.



## Psicología del desarrollo para docentes de Infantil y Primaria

Laura Granizo González, Isabel Martínez Álvarez y M.<sup>a</sup> Luz M. Fernández Blázquez (Coords.)

Centro de Estudios Financieros (Madrid, España)

400 páginas – 2024 – 49 € (papel)/25 € (digital)

ISBN: 978-84-454-4681-2

ISBN PDF: 978-84-454-4693-5

### Extracto

Conocer las pautas evolutivas del alumnado es un elemento clave para poder adaptar los procesos de enseñanza y aprendizaje que tienen lugar en las aulas. Saber cómo son los niños y niñas, cómo entienden el mundo, puede ayudar a gestionar de una manera más cercana e inclusiva nuestros centros educativos. Este manual pretende conjugar la evidencia científica con la realidad de las aulas de Educación Infantil y Primaria y ayuda a fijar la atención en aquellos elementos que influyen e interaccionan en el desarrollo, para poder dotar al profesorado de conocimientos sólidos con los que afrontar su labor educativa. Por un lado, consta de unos capítulos comunes para todos los docentes, en los cuáles se plantea la perspectiva del ciclo vital en el desarrollo. También se analizan aquellos contextos que interactúan de manera sistémica con la escuela, en especial la familia, y se plantean estrategias para hacerlos funcionar en armonía. Por otro lado, presenta un análisis cercano del desarrollo en sus diferentes ámbitos (físico, cognitivo y del lenguaje, afectivo y sociomoral) en las etapas de Educación Infantil y Primaria.

**Palabras clave:** psicología del desarrollo; Educación Infantil; Educación Primaria; docentes; ámbitos del desarrollo; contextos educativos; intervención docente.

### Abstract

Knowing the evolutionary patterns of students is a key element to be able to adapt the teaching and learning processes that occur in the classrooms. Knowing what boys and girls are like, how they understand the world, can help manage our educational centers in a closer and more inclusive way. This manual aims to combine scientific evidence with the reality of Early Childhood and Primary Education classrooms and helps to focus attention on those elements that influence and interact in development, in order to provide teachers with solid knowledge that allows them to cope with a critical look at their educational work. On the one hand, it consists of common chapters for all teachers, in which the perspective of the life cycle in development is presented. Those contexts that interact systemically with the school, especially the family, are also analyzed and strategies are proposed to make them function in harmony. And on the other hand, it presents a close analysis of development in its different areas (physical, cognitive and language, affective and socio-moral) in the stages of Early Childhood and Primary Education.

**Keywords:** developmental psychology; Early Childhood; Primary Education; teachers; areas of development; educational contexts; teaching intervention.

La complejidad que caracteriza la tarea docente exige conocimientos teórico-prácticos muy variados, que respondan a las actuales demandas de la sociedad y al avance del conocimiento científico. En este sentido, encontramos multitud de publicaciones científicas y divulgativas de gran valor, dirigidas al profesorado, vinculadas a diversas disciplinas, como la pedagogía, la didáctica, la sociología, etc. Este manual pretende contribuir al desarrollo del conocimiento de los actuales y futuros docentes en relación con el campo de la «psicología del desarrollo humano». En este libro se presenta, de manera atractiva y práctica, cómo el niño y la niña van evolucionando a lo largo del ciclo vital, integrando, para ello, información teórico-práctica basada en la evidencia. El fin último del texto es contribuir a que los docentes puedan comprender, acompañar y estimular el desarrollo integral y óptimo de su alumnado en los centros educativos. Se trata de que el profesorado pueda adaptar su práctica a las demandas de la sociedad y apoyarse en los avances del conocimiento actuales para trabajar en colaboración con el resto de la comunidad educativa y con los agentes externos a ella.

Construir una escuela ajustada a las trayectorias de desarrollo de los menores, potenciando su evolución, es uno de los objetivos fundamentales de la educación formal. Esta obra está pensada para comprender y analizar la vida en las aulas, a partir de la teoría, gracias a la revisión de múltiples ejemplos y situaciones reales. Además, este libro puede ser de utilidad no solo para futuros docentes, sino también para todo profesional que esté en ejercicio e incluso para cualquier persona que quiera abordar la educación de los niños y niñas desde una perspectiva respetuosa, acompañando e impulsando su desarrollo.

Su intención es acercar lo que se sabe del desarrollo general infantil, sin olvidar que cada persona puede seguir su propia trayectoria de desarrollo. Por tanto, no pretende ser un listado de hitos que hay que conseguir, sino una ayuda para que el cuerpo docente pueda ajustar su actuación teniendo en mente el momento evolutivo en el que se encuentran sus estudiantes. Una de las potencialidades de esta obra es que permite al lector dirigir su atención hacia aquello que suscite mayor interés. Es decir, los capítulos tienen entidad propia para ser entendidos en su conjunto, aunque se hacen conexiones entre ellos para poder ampliar con otros contenidos trabajados en diferentes momentos del libro.

El manual se compone de 12 capítulos divididos en cuatro partes. La primera, común a las etapas de Educación Infantil y Primaria, sirve como marco de referencia conceptual para comprender el desarrollo ontogenético humano y los principales modelos teóricos y debates que pueden ayudar a construir una visión crítica acerca del desarrollo en los docentes. Los objetivos principales de la primera parte se centran, por un lado, en explicar el marco teórico que vertebra la práctica educativa y el libro en su conjunto y, por otro, en ayudar al lector a analizar el diseño de dicha práctica. Comienza el primer capítulo con la intención de conceptualizar el desarrollo humano como un proceso que ocurre a lo largo de la vida, condicionado por múltiples factores, entre los que interaccionan los procesos educativos. Con este propósito, se propone al docente como agente clave para la investigación y la práctica crítica en el desarrollo y Educación Infantil, sin olvidar el papel de la psicología del desarrollo como ámbito de creación del conocimiento. En el segundo capítulo, se hace un recorrido por las diferentes perspectivas teóricas y científicas que dan sentido y rigor a las decisiones que, desde la profesión docente, se adoptan de cara a promover y acompañar el desarrollo de los niños y niñas

desde los 0 a los 12 años. En concreto, se desarrollan teorías como las de Piaget y Vigotsky, que entienden que la persona que aprende es un ser activo en su proceso de desarrollo.

En el segundo y tercer bloque del manual, nos adentramos en el análisis profundo de los diferentes ámbitos del desarrollo, analizando los procesos que se producen a nivel físico, sensorio-perceptivo y motor, cognitivo y del lenguaje, socioemocional y moral entre los 0-6 años (capítulos 3 a 6) y los 6-12 años (capítulos 7 a 10). Se hace especial hincapié, junto al planteamiento de las bases teóricas que sustentan el desarrollo, en la labor del equipo docente como responsable de optimizar el desarrollo infantil. Con este propósito, se ofrecen orientaciones, estrategias y recursos para trabajar cada uno de los ámbitos dentro y fuera de las aulas de Infantil y Primaria. El fin perseguido es que el lector disponga de contenidos que faciliten su aplicación a su realidad y que conozca las implicaciones y contribuciones de los modelos teóricos que sustentan la práctica educativa.

De manera concreta, en el capítulo 3, se pone énfasis en el desarrollo físico, sensorio-perceptivo y motor en la etapa Infantil. Con relación al ámbito físico, se analizan los aspectos físicos, reflexionando acerca de cuánto y cómo crece el bebé desde el nacimiento. En segundo lugar, se aborda el desarrollo de los sentidos y de las implicaciones que ello conlleva. Finaliza el capítulo evaluando la evolución de las principales habilidades motoras hasta los 6 años.

En el capítulo 4, el objetivo esencial es analizar las etapas del desarrollo cognitivo en la etapa 0-6 años, estudiando habilidades tan relevantes como la permanencia del objeto, la inteligencia sensorio-motriz, el periodo de las operaciones concretas o la capacidad representacional, características de la etapa infantil.

En el capítulo 5, se aborda el ámbito del lenguaje y su desarrollo en el alumnado de Infantil. En él se analizan las funciones del lenguaje, diferenciando el habla y la comunicación, incidiendo en los componentes y las teorías sobre la adquisición y el desarrollo lingüístico. Se reflexiona acerca de su evolución, destacando los hitos en el desarrollo, al considerarlo precursor de la adquisición del lenguaje escrito.

En el capítulo 6, para concluir el abordaje de la etapa de Infantil, se trata el desarrollo socioemocional y de la identidad de género, la incorporación del niño o la niña a la sociedad, el apego o las competencias socioemocionales y morales. En relación con la evolución de la identidad de género, se trata la conciencia que el niño tiene sobre su propio género y los estereotipos.

La tercera parte del manual (capítulo 7) nos adentra en el desarrollo físico, sensorio-perceptivo y motor desde los 6 hasta los 12 años. Se analiza la importancia del movimiento, así como el desarrollo de las habilidades y competencias más destacadas de los niños y niñas de la etapa de Primaria.

El desarrollo cognitivo y lingüístico se trata en el capítulo 8, en el que se analizan los cambios cerebrales y el desarrollo de las habilidades cognitivas. A nivel lingüístico, se reflexiona sobre la comprensión y expresión oral y escrita, así como sobre la evolución de las habilidades comunicativas.

En el capítulo 9 se incide en el desarrollo socioemocional y moral en la etapa de Primaria. Para ello se abordará la percepción, comprensión y regulación de las emociones. Se analiza la escuela como un agente de socialización, en relación con la percepción de los otros y del mundo social. Además, se trata la amistad como otro punto clave de este capítulo. En cuanto al desarrollo moral, se valoran los modelos teóricos más relevantes, desde un punto de vista analítico y práctico.

Para concluir este tercer bloque del manual, el capítulo 10 se centra en la identidad personal y de género al analizar el desarrollo del autoconcepto, la autoestima y la autorregulación emocional.

En la cuarta y última parte del manual, el capítulo 11 incide en los diferentes contextos del desarrollo, destacando entornos esenciales y decisivos para el desarrollo infantil, como la familia, la escuela, los iguales y la cultura, sin olvidar la influencia actual de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en esta sociedad de la información y del conocimiento en la que vivimos.

Finalmente, la obra se cierra con el capítulo 12, centrado en profundizar en el ámbito familiar en relación con la escuela. En estas líneas finales, conocemos los diferentes modelos de participación familiar, examinando la importancia y los aspectos clave de la tarea educativa común entre familia y escuela.

En conclusión, los diferentes capítulos que integran este libro presentan de forma rigurosa, a la par que cercana, contenidos conceptuales, ejemplos y propuestas prácticas que sirven de base para adentrarse en el conocimiento de cuestiones clave dentro de la psicología del desarrollo como ciencia con un carácter optimizador de la vida de nuestro alumnado. Esto podrá contribuir, a su vez, a desarrollar prácticas educativas que favorezcan el desarrollo, el aprendizaje y la socialización de los discentes. En esencia, nos encontramos ante una herramienta que invita a toda la comunidad educativa a repensar las formas de actuación llevadas a cabo en la realidad actual en las aulas y a proyectar un futuro escolar que se beneficie de nuevas y eficaces propuestas de intervención, con adecuada fundamentación teórica.

**María Sánchez Calvo**

*Profesora de la Universidad Católica de Ávila (España)*

[maria.sanchez@ucavila.es](mailto:maria.sanchez@ucavila.es) | <https://orcid.org/0000-0003-3258-3119>

 **María Sánchez Calvo.** Doctora en Educación, licenciada en Psicopedagogía y maestra diplomada en la especialidad de Audición y Lenguaje. Máster Universitario en Neuropsicología y Educación. Especialista universitaria de Educación Especial en Pedagogía Terapéutica. Cuenta con más de veinte años de experiencia como orientadora en diferentes niveles educativos: Educación Infantil, Educación Primaria, Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato. Actualmente, imparte clases en los grados de Maestro en Educación Infantil y Maestro en Educación Primaria, así como en el Máster Universitario en Dirección y Gestión de Instituciones Educativas de la Universidad Católica de Ávila (España).



## Principales reseñas de legislación educativa publicadas en el BOE entre enero y abril de 2024

Estas reseñas pueden encontrarse en el BOE y en [www.normacef.es](http://www.normacef.es) (Legislación Administrativa)

## Main reviews of education legislation published in the BOE between January and April 2024

These reviews can be found in the BOE and at [www.normacef.es](http://www.normacef.es) (Administrative Legislation)

## Reseñas enero 2024

### Universidades. Títulos académicos.

Resolución de 28 de diciembre de 2023, de la Secretaría General de Universidades, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 27 de diciembre de 2023, por el que se establece el carácter oficial de determinados títulos de Doctor o Doctora y su inscripción en el Registro de Universidades, Centros y Títulos.

*(BOE de 6 de enero de 2024)*

Resolución de 28 de diciembre de 2023, de la Secretaría General de Universidades, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 27 de diciembre de 2023, por el que se establece el carácter oficial de determinados títulos de Máster y su inscripción en el Registro de Universidades, Centros y Títulos.

*(BOE de 6 de enero de 2024)*

Resolución de 28 de diciembre de 2023, de la Secretaría General de Universidades, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros

de 27 de diciembre de 2023, por el que se establece el carácter oficial de determinados títulos de Grado y su inscripción en el Registro de Universidades, Centros y Títulos.

*(BOE de 6 de enero de 2024)*

## Reseñas febrero 2024

### Convenios de cooperación educativa.

Resolución de 1 de febrero de 2024, del Instituto Cervantes, por la que se publica el Convenio con la Universidad a Distancia de Madrid, para la realización de prácticas académicas externas.

*(BOE de 12 de febrero de 2024)*

### Formación Profesional.

Real Decreto 143/2024, de 6 de febrero, por el que se establece el Curso de especialización de Formación Profesional de Grado Superior en Posicionamiento en buscadores (SEO/SEM) y comunicación en redes sociales y se fijan los

aspectos básicos del currículo, y se modifican el Real Decreto 546/2023, de 27 de junio, y el Real Decreto 569/2023, de 4 de julio.

*(BOE de 24 de febrero de 2024)*

Real Decreto 144/2024, de 6 de febrero, por el que se establece el Curso de especialización de Formación Profesional de Grado Superior en Redacción de contenidos digitales para marketing y ventas y se fijan los aspectos básicos del currículo.

*(BOE de 24 de febrero de 2024)*

Real Decreto 201/2024, de 27 de febrero, por el que se establecen los umbrales de renta y patrimonio familiar y las cuantías de las becas y ayudas al estudio para el curso 2024-2025.

*(BOE de 28 de febrero de 2024  
y corrección de errores de 8 de marzo)*

## Reseñas marzo 2024

### Universidades. Títulos académicos.

Resolución de 13 de marzo de 2024, de la Secretaría General de Universidades, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros, de 12 de marzo de 2024, por el que se establece el carácter oficial de determinados títulos de Grado y su inscripción en el Registro de Universidades, Centros y Títulos.

*(BOE de 20 de marzo de 2024)*

Resolución de 13 de marzo de 2024, de la Secretaría General de Universidades, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 12 de marzo de 2024, por el que se establece el carácter oficial de determinados títulos de Máster y su inscripción en el Registro de Universidades, Centros y Títulos.

*(BOE de 21 de marzo de 2024)*

## Reseñas abril 2024

### Educación Infantil, Primaria, Secundaria Obligatoria. Bachillerato. Currículo.

Resolución de 3 de abril de 2024, de la Secretaría de Estado de Educación, por la que se publican los currículos de la enseñanza de Religión Evangélica correspondientes a Educación Infantil, Educación Primaria, Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato.

*(BOE de 5 de abril de 2024)*

### Formación Profesional.

Orden EFD/322/2024, de 8 de abril, por la que se establece el currículo de los ciclos inicial y final de grado medio correspondiente al título de Técnico Deportivo en Atletismo.

*(BOE de 15 de abril de 2024)*

### Universidades. Títulos académicos.

Resolución de 11 de abril de 2024, de la Secretaría General de Universidades, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 9 de abril de 2024, por el que se establece el carácter oficial de determinado título de Doctor o Doctora y su inscripción en el Registro de Universidades, Centros y Títulos.

*(BOE de 17 de abril de 2024)*

### Traspaso de funciones y servicios.

Real Decreto 366/2024, de 9 de abril, de ampliación de funciones y servicios traspasados a la Comunidad Autónoma del País Vasco por el Real Decreto 2808/1980, de 26 de septiembre, en materia de enseñanza (homologación y declaración de equivalencia de títulos obtenidos en el marco de sistemas de educación superior extranjeros).

*(BOE de 19 de abril de 2024)*



## CURSOS DE **FORMACIÓN A MEDIDA PARA EMPRESAS**

### • **Nos adaptamos a las necesidades formativas de la empresa**

Escuchamos las necesidades formativas de pequeñas, medianas y grandes empresas para ofrecer una propuesta global a medida, trabajando en estrecha colaboración para que sus planes de formación alcancen la máxima calidad de la mano de los mejores profesionales. Adaptamos para ello los contenidos según sus necesidades específicas, atentos siempre a los horarios y ubicaciones geográficas que demanden.

### • **Gestión de las bonificaciones ante la Fundación Estatal para la Formación en el Empleo (FUNDAE)**

La FUNDAE ofrece a las empresas la posibilidad de bonificar estos cursos para que su coste se reduzca considerablemente, o incluso desaparezca, aprovechando el crédito para la formación de los trabajadores que todas las empresas tienen a lo largo del año.

Nuestros datos  
**desde 1977**



**+ 3.000**

Empresas han confiado la formación de sus empleados al Grupo Educativo CEF.- UDIMA

**+ 14.425**

Cursos impartidos relacionados con todas las áreas de la empresa

**+ 68.500**

Profesionales formados

**+ 342.000**

Horas de formación impartidas por profesionales en contacto permanente con la empresa

## GRADOS OFICIALES

### Escuela de Ciencias Técnicas e Ingeniería

Ingeniería de Organización Industrial - Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación - Ingeniería Informática

### Facultad de Ciencias de la Salud y la Educación

Magisterio de Educación Infantil - Magisterio de Educación Primaria - Psicología (rama Ciencias de la Salud)

### Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Administración y Dirección de Empresas - Economía - Empresa y Tecnología - Empresas y Actividades Turísticas - Marketing

### Facultad de Ciencias Jurídicas

Ciencias del Trabajo, Relaciones Laborales y Recursos Humanos - Criminología - Derecho

### Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades

Historia - Periodismo - Publicidad y Relaciones Públicas

## TÍTULOS PROPIOS Y DOCTORADOS

(Consultar en [www.udima.es](http://www.udima.es))

## MÁSTERES OFICIALES

### Escuela de Ciencias Técnicas e Ingeniería

Energías Renovables y Eficiencia Energética

### Facultad de Ciencias de la Salud y la Educación

Dirección y Gestión de Centros Educativos - Educación Inclusiva y Personalizada - Educación y Recursos Digitales - Formación del Profesorado de Educación Secundaria - Psicología General Sanitaria - Psicopedagogía - Tecnología Educativa

### Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Auditoría de Cuentas - Dirección Comercial y Marketing - Dirección Económico-Financiera - Dirección y Administración de Empresas (MBA) - Dirección y Gestión Contable - Marketing Digital y Redes Sociales

### Facultad de Ciencias Jurídicas

Análisis e Investigación Criminal - Asesoría Fiscal - Asesoría Jurídica de Empresas - Asesoría Jurídico-Laboral - Dirección y Gestión de Recursos Humanos - Interuniversitario en Estudios Avanzados de Derecho Financiero y Tributario - Práctica de la Abogacía y la Procura - Prevención de Riesgos Laborales

### Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades

Enseñanza Bilingüe - Enseñanza del Español como Lengua Extranjera - Interuniversitario en Unión Europea y China - Seguridad, Defensa y Geoestrategia



Si necesitas volar,  
**SOMOS TUS ALAS**  
Contigo, somos uno.